Bergmännische Beobachtungen und Versuche über Gebirgsbewegungen im oberschlesischen Steinkohlenbergbau zur Klärung von Gebirgsdruckfragen

Von der
TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BRESLAU

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

DISSERTATION

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Otto FLEISCHER, Betriebsführer aus Beuthen (O.-S.)

Referent: Professor Dr.-Ing. Spackeler
Korreferent: Professor Dr. Bederke

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 1933

Bergmännische Beobachtungen und Versuche über Gebirgsbewegungen im oberschlesischen Steinkohlenbergbau zur Klärung von Gebirgsdruckfragen

Von der
TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU BRESLAU

zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

DISSERTATION

Vorgelegt von
Dipl.-Ing. Otto FLEISCHER, Betriebsführer aus Beuthen (O.-S.)

Referent: Professor Dr.-Ing. Spackeler
Korreferent: Professor Dr. Bederke

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Dezember 1933

Essen 1934
Verlag Glückauf G. m. b. H.

*92043

Sonderabdruck aus den Heften 29—31 des Jahrgangs 1934
der Berg- und Hüttenmännischen Zeitschrift »Glückauf«.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsübersicht.

Seite

I. Naturgegebene Vorbedingungen der Gebirgsbewegungen 5
1. Beobachtungsgebiet 5
2. Petrographische Verhältnisse 6
3. Kleintektonik 6
II. Versuche an Gestein- und Kohlenproben 7
1. Versuchsanordnung und -durchführung 7
2. Versuchsergebnisse 7
III. Beobachtungen und Versuche am Gebirgskörper 9
1. Versuchsanordnung 9
a) Lotbeobachtungen 9
b) Messung elastischer Verformung im Stoß 10
c) Messung der Firstabsenkung und Sohlenhebung in Abbaunähe 11
2. Beobachtungsergebnisse 11
a) Bruchbau im Flöz X, Ostfeld 11
b) Flöz Marie-Valeska, Ostfeld 14
c) Flöz XV, Ostfeld 17
d) Flöz Valeska, Nordfeld 19
IV. Auswertung der Beobachtungs- und Untersuchungsergebnisse . . 19
1. Überblick 19
a) Bruchbau 19
b) Übereinanderbau 21
2. Auswertung 22
a) Bestätigung früherer Beobachtungen 22
b) Theoretische Erkenntnisse 22
c) Weitere Untersuchungsergebnisse 22
3. Verhältnis der Ergebnisse zu frühern Feststellungen 23
4. Anwendungen auf die Abbautechnik und Betriebsführung . . 24

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545806_0046

Veranlassung zu der vorliegenden Arbeit hat in erster Linie die dem praktischen Bergmann bekannte Tatsache gegeben, daß die täglich beobachteten Gebirgsdruckäußerungen oft anders verlaufen, als auf Grund der Erfahrung und der Regeln erwartet werden kann. Die Klärung der Gebirgsdruckfragen bedarf daher noch in mehrfacher Richtung der Ergänzung. Die Untersuchungen sind absichtlich auf die Verhältnisse einer Grube beschränkt worden, weil bereits innerhalb einer Grubenanlage die Bewegungsvorgänge in den einzelnen Flözen und Feldesteilen so große Verschiedenheiten aufweisen, daß eine Vertiefung der Kenntnis dieser Abweichungen als aufschlußreich erscheint.

Bewegungsvorgänge, in deren Folge Gebirgsdruck entsteht, haben ihre Ursache in Störungen des Gleichgewichtes und Spannungszustandes der Schichten. Diese Störungen sind entweder vom Bergbaubetrieb hervorgerufen worden, oder sie können auf tektonischen Bewegungen oder atmosphärischen Ursachen beruhen. Nachstehend werden nur diejenigen Vorgänge im Gebirge behandelt, die der Bergbau in den Abbaufeldern herbeiführt und die untertage in Erscheinung treten.

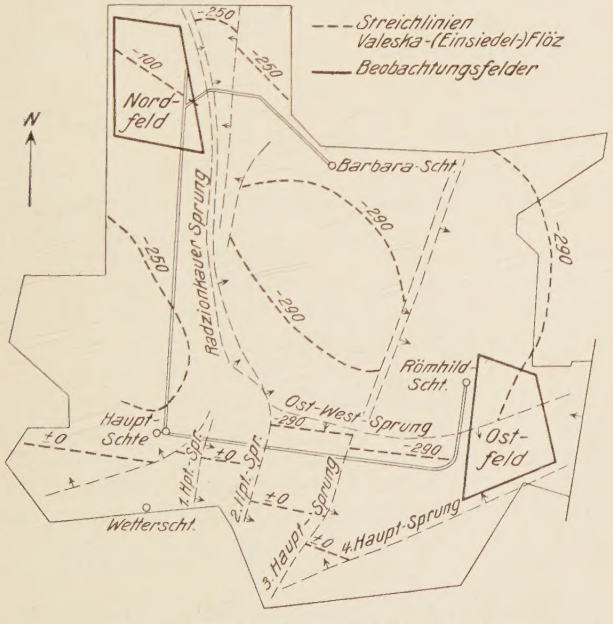


Abb. 1. Grubenfeld der Heinitzgrube.

Naturgegebene Vorbedingungen der Gebirgsbewegungen.

Beobachtungsgebiet.

Das Grubenfeld der Heinitzgrube, in dem die Beobachtungen angestellt worden sind, ist aus Abb. 1, die Schichtenfolge aus Abb. 2 ersichtlich. Die in den engern Bereich der Untersuchungen einbezogenen Teile des Grubenfeldes sind in Abb. 1 als Nord- und Ostfeld gekennzeichnet. Die Mächtigkeit des Karbons bis zum liegendsten Flöz der Sattelgruppe (Sattel-Pochhammer) nimmt von Westen nach Osten hin von 350 m bis 500 m zu. Die in Bau befindlichen oder bauwürdigen 10 Flöze (X bis Sattel) haben eine Gesamtmächtigkeit von 33–36 m und verteilen sich auf rd. 300 m Schichtenmächtigkeit. Die Flöze X und XI gehören zur Muldengruppe (den Rudaer Schichten), die Flöze Marie-Valeska bis Sattel zur Sattelflözgruppe. Das Einfallen der Schichten beträgt im nördlichen und östlichen Feldesteil 6–10°.

Das Grubenfeld wird von fünf größern Störungen durchsetzt; drei davon streichen annähernd N–S. Der von den Hauptschächten aus in östlicher Richtung angetroffene erste Hauptsprung (Abb. 1) hat 15 m Verwurfshöhe; er ist nur im Südfeld beobachtet worden. Der zweite Hauptsprung hat im Südfeld 40 m Verwurfshöhe und geht in den Radzionkauer-Sprung über, dessen Verwurfshöhe nach Norden bis auf 220 m zunimmt. Der dritte Hauptsprung verwirft die Gebirgsschichten um 50–60 m. Die drei genannten in das Liegende verwerfenden Sprünge fallen mit 60–75° nach O ein und werden von kleinern Sprüngen bis zu einigen Metern Verwurfshöhe begleitet, welche die Kleintektonik des Gebirgskörpers maßgebend beeinflußt haben. Der vierte Hauptsprung durchsetzt das Grubenfeld in Richtung N 60° O und fällt nach NW ein; seine bis zu 120 m betragende Verwurfshöhe vermindert sich nach Osten auf 30 m.

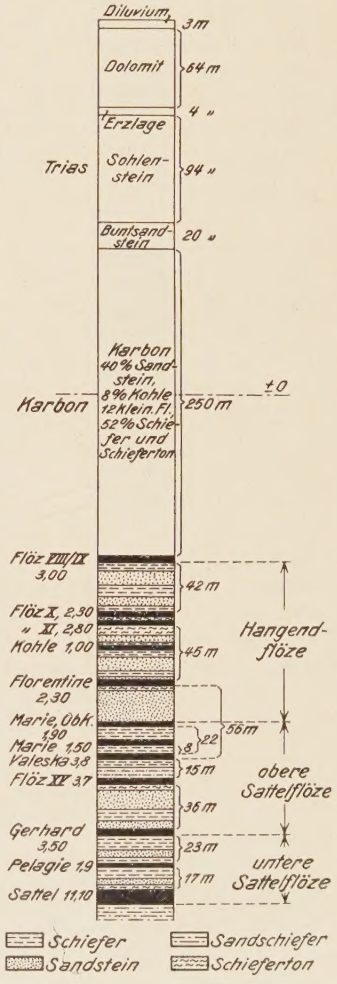


Abb. 2. Schichtenfolge im Felde der Heinitzgrube.

Nahezu parallel dazu, aber mit entgegengesetztem südöstlichem Einfallen verläuft der Ost-West-Sprung mit etwa 30 m Verwurfshöhe. Beide Sprünge bilden einen geologischen Graben, der mit geringerer Verwurfshöhe auch in der Trias auftritt und dort reiche Erzlager einschließt. Auch der Radzionkauer Sprung setzt in die Trias fort. Das Karbon und ebenso die Triasdecke sind durch diese wichtigen Störungen in selbständige Gebirgsschollen zerlegt worden.

Petrographische Verhältnisse.

Die für das Verhalten unter Gebirgsdruck maßgebende petrographische Zusammensetzung der untersuchten Flöze und des Nebengesteins geht aus Abb. 3 hervor.

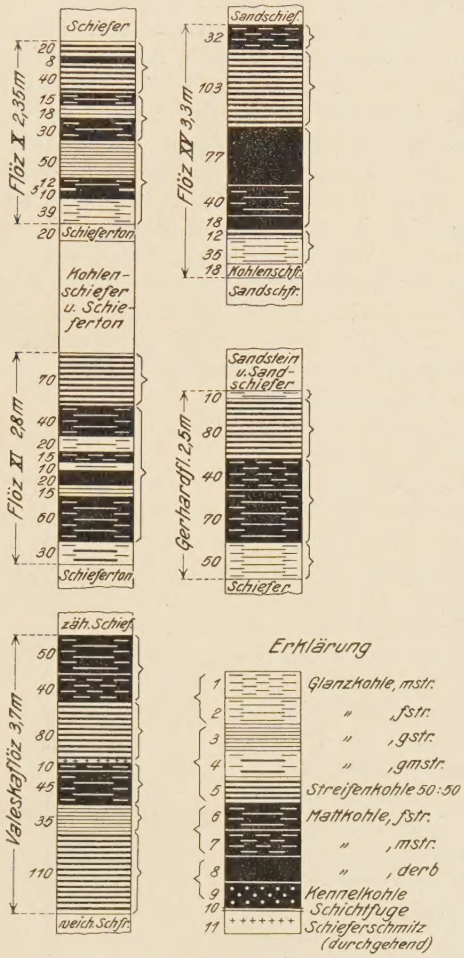


Abb. 3. Petrographische Profile der gebauten Flöze im Ostfeld.

Von der petrographischen Beschaffenheit einer Kohlenbank hängen die Ausbildung der Schlechten und die Spaltbarkeit ab. Die Spaltflächen verlaufen parallel zu den Schlechten mit einem Abstand, der in der Glanzkohle 1 – 2 cm beträgt, während er in der Mattkohle größer ist. Die Schlechten haben 50–75 cm Abstand und sind mit Kalk oder Schwefelkies besetzt. Je mehr derbe Mattkohle in einer Bank auftritt, desto größer wird der Abstand der Schlechten voneinander, der z. B. in der Mattkohle des Heintzmannflözes 1,6–2 m erreicht. Nach dem Ergebnis der nachstehend erörterten Festigkeitsuntersuchungen wird die Festigkeit einer Kohlenbank von dem in ihr überwiegend vorhandenen Anteil an Glanzkohle oder Mattkohle bestimmt, sofern keine Schichtfugen ausgebildet sind. Ist z. B. in eine 1 m mächtige Glanzkohlenbank ein Mattkohlenstreifen von 10–15 cm eingelagert, so zeigt dieser kein gesondertes Verhalten, sondern er wird bei Zerdrückung der Kohle in Spaltstücke derselben Größe zerlegt wie die ihn umgebende Glanzkohle, obwohl diese weicher ist.

Bänke mit annähernd gleichem Verhalten werden häufig von Schichtfugen oder Lettenstreifen begrenzt; in Abb. 3 sind derartige Bänke durch Klammern gekennzeichnet.

Kleintektonik[1].

Neben den Sprüngen wird das Gebirge von zahlreichen Klüften durchzogen, die in der Regel tektonischen Ursprungs sind. Derartige Klüfte oder Schlechten sind meist durch Kalkspat und Schwefelkies fest verkittet. Von den Schlechten sind die Drucklagen zu unterscheiden, die offenstehende Risse in der Kohle oder im Nebengestein bilden und infolge von Abbau entstanden sind. Weiter habe ich Gleitflächen beobachtet, die sich durch einen Rutschharnisch und außerdem gegenüber den Schlechten und Drucklagen durch eine erheblich größere Längenausdehnung auszeichnen.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß es nicht möglich ist, dieselbe Schlechte auf eine Erstreckung von mehr als höchstens 10–12 m zu verfolgen, je nach der Festigkeit der Gebirgsschicht. Die Schlechte verläuft sich dann, und unmittelbar daneben tritt eine neue mit gleicher Richtung und gleichem Einfallen auf; es liegt also ein ähnlicher Fall vor wie bei der bekannten Druckschieferung von Sedimentgesteinen. Ebensowenig trifft man bei dem beobachteten Pfeilerbruchbau durchgehende Drucklagen an. Aus der größern Längenausdehnung und dem Rutschharnisch läßt sich die Entstehungszeit der Gleitflächen nicht ohne weiteres ableiten. Man kann aber folgern, daß Gleitflächen, die eine kleine Verwurfshöhe zeigen und bei der Streckenauffahrung angetroffen werden, tektonisch angelegt sind, also kleine Sprünge darstellen, während die andern Gleitflächen aus neuster Zeit stammen. Danach lassen sich folgende Kluftarten unterscheiden:

Kluftart	Kennzeichen	Ursprung
Schlechte	Glatte Fläche mit Schwefelkies- und Kalkspatbelag	tektonisch; durch eine gerichtete Druckkraft entstanden (wahrscheinlich als Druckschieferung aufzufassen)
Tektonische Gleitfläche	Ausgeprägte od. angedeutete Sprungkluft mit Rutschfläche (geringe Verwurfshöhe)	tektonisch (Sprung)
Rezente Gleitfläche	Kluft mit Rutschfläche	infolge einer Druck- oder Scherspannung durch Abbau hervorgerufen
Drucklage	Unebene Trennfläche	als Folge des Abbaus und des Firsten- oder Stoßdruckes entstandener Riß

Der Verlauf der Schlechten ändert sich mit dem Bankwechsel, wie bereits Kubuschok festgestellt hat. Die Schlechten sind vielfach so fest verkittet, daß sich die Drucklagen in der Kohle und Firste nicht nach ihnen richten. Dies ist besonders bei festem Gestein

[1] Vgl. u. a. Kubuschok, Z. Oberschl. V. 70 (1931) S. 9; Stieler, Zbl. Miner. Geol. Paläont. 23 (1922) S. 664; Ende, Glückauf 65 (1929) S. 48.

und an den Nebenschlechten beobachtet worden. Das Ergebnis der Drucklagenbeobachtungen war: Je weicher eine Gebirgsschicht ist, desto früher und stärker wird sie bei Abbauannäherung parallel zu den Abbaukanten oder den Rändern der Grubenbaue aufgetrennt; je härter sie ist, desto mehr richten sich die Trennebenen nach den Schlechten. Bei den rezenten Gleitflächen handelt es sich wahrscheinlich um Gleit- und Abscherungsebenen, die an den Grenzen der Kämpferdruckzonen großer Abbaufelder auftreten. Auf die in den einzelnen Flözen beobachteten Drucklagen und Gleitflächen wird noch näher eingegangen.

Versuche an Gestein- und Kohlenproben[1].

Zweck der Untersuchungen war die Feststellung der physikalischen Eigenschaften der einzelnen Schichtenbänke in den verschiedenen Feldesteilen. Im Gegensatz zu Festigkeitsprüfungen an Naturgesteinen nach physikalischen Verfahren sind die Versuche auf der Grundlage technischer Werkstoffprüfungen mit technischem Genauigkeitsgrad erfolgt, für die in erster Linie die in den Normenblättern für Materialprüfungen in der Technik festgelegten Gesichtspunkte gelten[2]. Bei den Untersuchungen fehlte der allseitige Druck, wie er im Gebirgsinnern herrscht. Eine Übertragung der Werte auf die Gebirgsmechanik hat daher nur für den Bereich der nicht mehr unter allseitiger Pressung stehenden Schichten Geltung.

Versuchsanordnung und -durchführung.

Von jeder Gesteinbank der in Abb. 1 gekennzeichneten Feldesteile wurden die Druckfestigkeit und die federnde Zusammendrückung ermittelt. Im ganzen erstreckte sich die Untersuchung auf 800 Proben. Man bohrte zylindrische Probekörper aus, was bei der heutigen Entwicklung der Widiabohrwerkzeuge das gegebene Verfahren war. Das Normenblatt DVM 2105 sieht für Würfel mit nicht gleichmäßigem Gefüge mindestens 6 cm Kantenlänge vor. Die Mehrzahl der Proben mußten aber aus Streifenkohle entnommen werden, die oft Streifen von einigen Zentimetern aufwies, so daß größere Proben als zweckmäßiger erschienen. Vorversuche ließen erkennen, daß die geringste Wertstreuung bei 90 mm Durchmesser und 81 mm Höhe eintrat. Diese Abmessungen kommen auch dem von Bauschinger rechnungsmäßig für zylindrische Probekörper ermittelten Größenverhältnis nahe.

Die Grubenfeuchtigkeit der Proben blieb erhalten. Die Probekörper wurden in einer luftdicht schließenden Blechhülse zutage gebracht und auf der Drehbank mit einem besondern Spannkopf auf $^1/_{10}$ mm Genauigkeit planparallel abgedreht. Während dieser etwa eine Stunde dauernden Arbeit waren die Körper der Raumluft ausgesetzt; dann wurden sie bis zum Druckversuch wieder luftdicht verschlossen gehalten. Für die Elastizitätsversuche verwendete man Probekörper von 12 cm Länge, um eine Meßlänge von mindestens 8 cm, entsprechend dem Druckversuch, zu erzielen.

Für die Druckfestigkeitsmessungen stand eine hydraulische Presse von 100 t zur Verfügung, die den Anforderungen von Din 1604 entsprach. Die federnde Zusammendrückung wurde mit Hilfe der von Bach[1] beschriebenen und in Abb. 4 wiedergegebenen Meßvorrichtung festgestellt. Die Ablesegenauigkeit ($^1/_2$ mm Ablesung mit bloßem Auge) beträgt $^1/_{600}$ mm. Dieses Meßgerät gestattet nur die Ermittlung der elastischen Verformung bei Achsdruck (E-Druck), dessen Größe bei Gesteinen vom E-Zug verschieden ist.

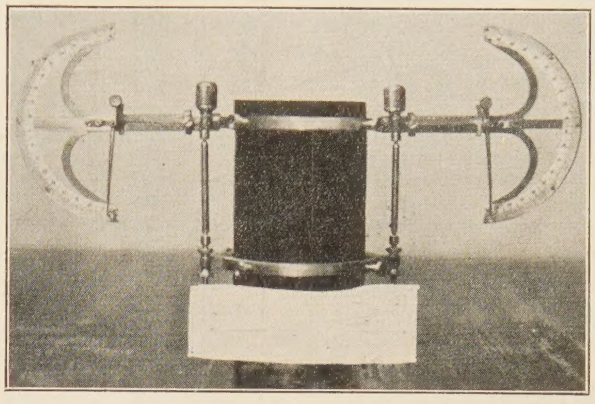


Abb. 4. Elastizitätsmesser nach Bach am Probekörper.

In den erwähnten Beobachtungsfeldern wurden sämtliche petrographisch verschiedenen Horizonte der Flöze und des Nebengesteins mit Ausnahme der lettigen Schichtfugen untersucht. Die Probestellen lagen außerhalb der Abbauwirkungen. Die Firste wurde, soweit sie in Aufschlüssen irgend zugänglich war, bis zur Höhe der fünffachen Flözmächtigkeit in die Probenahme einbezogen.

Für jeden Druckversuch waren nach den Normenvorschriften fünf und für jeden Elastizitätsversuch zwei Proben zu untersuchen. Jede Elastizitätsprüfung fand sowohl bei Belastung als auch bei Entlastung statt, die beide in Stufen von 10 kg/cm² je 30 s vorgenommen wurden. Auf Grund von Vorversuchen mit Glanz- und Streifenkohle wurde die Belastungsgrenze, bei der noch eine federnde Rückverformung erfolgte, zu 120 kg/cm² festgestellt. Die Entlastungsversuche ließen erkennen, ob die Grenzen elastischer Formänderung bei der genannten Beanspruchung nicht überschritten worden waren, und ergaben den Betrag der bleibenden Dehnung[2]. Dieser war bei dem zweiten Versuch am gleichen Probekörper stets erheblich kleiner. Die Mittelwerte der bleibenden Dehnung liegen für Kohle unter 5%, für Schiefer unter 7% der gesamten Formänderung.

Versuchsergebnisse.

Die Einzelwerte der Druckfestigkeit und des Elastizitätsmoduls sind durch Mittelung errechnet worden und in der Zahlentafel 1 verzeichnet. Die Streuung der Werte von je 5 Einzelversuchen blieb mit wenigen Ausnahmen in Grenzen von etwa 30% der Mittelwerte. Beim Vergleich der Ergebnisse läßt sich feststellen, daß die physikalischen Eigen-

[1] Vgl. u. a. Föppl, Mitteilungen des mechanisch-technischen Laboratoriums T. H. München 1900; Bach: Elastizität und Festigkeit, 9. Aufl.; Z. VDI 44 (1900) S. 1169; 47 (1903) S. 1445; Reich, Z. dtsch. geol. Ges. 79 (1927) Monatsber. S. 31; Müller, Glückauf 66 (1930) S. 1601; Wöhlbier, Kali 24 (1931) S. 167; Philipps, Trans. Instn. Min. Engr. 81 u. 82 (1932); Kühn, Glückauf 67 (1931) S. 1477 und 68 (1932) S. 185.

[2] Die berücksichtigten Normenblätter sind: Din 1602 Werkstoffprüfung, Din 1604 Prüfmaschine, Din DVM 2101 Natürliche Gesteine; Richtlinien für Probenahme und gesteinkundliche Untersuchung; Prüfverfahren für natürliche Gesteine: Din DVM 2102, Raumgewicht, spezifisches Gewicht, Dichtigkeitsgrad, DVM 2103 dsgl. Wasseraufnahme, DVM 2105 Druckfestigkeit.

[1] a. a. O. S. 113.

[2] Hütte, 24. Aufl. Bd. 1, S. 575.

Zahlentafel 1. Mittelwerte der Festigkeits- und Elastizitätsversuche.

Nordfeld

Schicht	Vorwiegendes Material	Mächtigkeit m	Festigkeit kg/cm²	Elastizitätsmodul kg/cm²
Firste	Schieferton	4	325	39 000
Flöz XI, 3,7 m	Streifenkohle	1,7	225	19 800
	Mattkohle	2	320	45 600
Sohle	Schiefer	9	284	62 400
	Schiefer	24	556	94 000
Firste	Sandschiefer		693	169 000
Dach	dkl. Schiefer	0,6	450	68 000
Anbaulage	Glanzkohle	0,3	310	38 400
Marie-Oberbank, 3,2 m	Glanzkohle	1,2	172	23 100
	Mattkohle	0,85	280	38 900
	Glanzkohle	0,85	340	37 200
Mittel	Tonschiefer	0,60	228	62 400
Marie-Unterbank, 2,65 m	Mattkohle	1,15	232	47 500
	Glanzkohle	1,50	156	22 800
Mittel	lettiger Schf.	0,20	190	32 700
	Streifenkohle	0,5	346	33 600
Valeska-Flöz, 2,6 m	Glanzkohle	0,3	281	29 400
	Mattkohle	0,8	390	41 500
	Streifenkohle	1	223	20 400
Sohle	Tonschiefer	4	445	34 000
Sandstein	mittelkörnig	42	920	171 000
Firste	Schiefer	4	545	72 000
Oberfl., 1,6 m	Glanzkohle	1,6	190	26 400
Mittel	Schiefer	0,2	317	52 000
Gerhardflöz, 4 m	Streifenkohle	1,1	265	19 200
	Mattkohle	1,4	355	39 000
	Glanzkohle	1,5	262	34 000
	Streifenkohle	0,3	181	16 400
Sohle	Schiefer	0,8	525	78 400
Liegendes	Sandschiefer	4,5	750	110 000
Liegendes	Sandstein	18	956	310 000
Firste	Schiefer	7,5	610	81 600
Heintzmann-flöz, 4 m	Streifenkohle	2,7	242	38 100
	Glanzkohle	1,3	265	30 800
Sohle	Schiefer	12	455	120 000

Ostfeld

Schicht	Vorwiegendes Material	Mächtigkeit m	Festigkeit kg/cm²	Elastizitätsmodul kg/cm²
Firste	Sandstein	5	727	89 000
Dach	Schiefer	2,50	314	57 600
Flöz X, 2,35 m	Streifenkohle	0,60	174	24 400
	Mattkohle	0,75	252	30 600
	Glanzkohle	1	215	20 600
Sohle	Schiefer	0,5—2	480	75 600
Hangendes	Schieferton	1,5	205	36 000
Flöz XI, 2,8 m	Streifenkohle	0,6	188	23 800
	Mattkohle	2,2	216	17 000[1]
Sohle	Tonschiefer	9	266	54 800
Firste	Sandstein	21	617	167 000
Marie-Oberbank, 1,9 m	Streifenkohle	0,8	193	21 200
	Mattkohle	1,1	312	34 700
Firste	Schiefer	13	441	76 900
Marie-Unterbank, 1,5 m	Streifenkohle	0,9	374	28 500
	Glanzkohle	0,6	243	24 300
Mittel	Sandschiefer	5	635	95 800
Firste	zäh. Tonsch.	3	486	88 400
	Mattkohle	1,0	324	30 000
	Streifenkohle	0,8	241	24 500
Valeskaflöz, 3,8 m	weiche Glanzk.	0,1—0,2	161	9 400[1]
	Glanzkohle	0,9	386	37 800
	Streifenkohle	0,9	260	25 800
	Schiefer, weich	0,8	282	19 000
Sohle	Schiefer	6	645	141 000
Firste	Sandschiefer	8	770	130 000
	Schiefer	1,5	372	98 400
Flöz XV, 3,3 m	Mattkohle	0,4	249	32 100
	Streifenkohle	0,8	385	33 600
	Mattkohle	1,55	326	35 000
	Glanzkohle	0,38	254	20 000
Sohle	Wurzelboden	0,18	470	32 100
Liegendes	Schiefer	4,5	530	115 000
	Sandstein	15	700	228 000
	Schiefer	9	552	136 800
Firste	gr. Sandstein	8	430	62 400
	Schiefer	2	390	71 000
Gerhardflöz, 2,5—3,5 m	Glanzkohle	1,2	225	9 500[1]
	Streifenkohle	0,7	268	21 100
	Mattkohle	1,1	382	40 500
	Glanzkohle	0,5	292	28 000
Sohle	Schiefer	11	530	105 600
Liegendes	Sandstein	6	790	215 200

[1] Der geringe Elastizitätsmodul ist eine Folge der zwischengelagerten Fusitstreifen.

schaften der Karbongesteine und der Kohle innerhalb einer Grube in weiten Grenzen schwanken. Der Gebirgsdruck wird sich in den einzelnen Abbaufeldern demgemäß verschieden auswirken.

Die zusammengefaßten Mittelwerte und der mittlere Feuchtigkeitsgehalt sind in der Zahlentafel 2 einander gegenübergestellt.

Zahlentafel 2. Zusammengefaßte Mittelwerte.

	Überwiegender Anteil in der Kohlenbank: Glanzkohle	Streifenkohle	Mattkohle	Schiefer und Schieferton	Sandschiefer	Sandstein
Nordfeld						
Druckfestigkeit . . .	247	247	315	410	721	938
Elastizität (Ed) . . .	30262	24583	42500	66375	139500	240500
Südfeld (zum Vergleich)						
Druckfestigkeit . . .	243	255	290	473	873	980
Elastizität (Ed) . . .	27928	27000	35433	100371	241333	206000
Ostfeld						
Druckfestigkeit . . .	253	260	294	426	702	653
Elastizität (Ed) . . .	21371	25362	31414	79157	112900	152320
Gesamtmittel						
Grubenfeuchtigkeit %	2,3—2,7	2,5—3,5	1,6—2	3,7—4,8	3—3,3	2,1—2,8
Druckfestigkeit . . .	247	254	300	436	765	857
Elastizität	26520	25648	36449	81967	164577	199606

Bemerkenswert sind zum Vergleich die Angaben von Müller[1], der erstmalig derartige Versuche mit oberschlesischen Karbongesteinen durchgeführt und folgende Werte gefunden hat:

	Kohle	Schiefer, senkrecht zur Schichtung	Sandstein
Druckfestigkeit kg/cm²	165—210	715 und 815	800
E-Modul (bezogen auf den Untersuchungsbereich bis 120 kg/cm² und technisches Maß)	25000 bis 30000 und 62000	610000 (740000 parallel zur Schichtung)	345000

Danach bestehen erhebliche Unterschiede, die sich dadurch erklären lassen, daß meine Proben 1. zylindrische Form hatten und 2. aus frischer Vorrichtung außerhalb der Abbaudruckzone entnommen und grubenfeucht gehalten wurden. Die Feuchtigkeit vermindert nach Philipps die Festigkeit bis zu 30%. In den Festigkeitsprofilen der Abb. 5 sind für die näher untersuchten Flöze die Werte aus der Zahlen-

[1] Glückauf 66 (1930) S. 1601.

tafel 1 schaubildlich wiedergegeben. Die Mittelachse stellt die Mächtigkeit der Schichten dar, während auf den Abszissen die Druckfestigkeit und der Elastizitätsmodul aufgetragen sind.

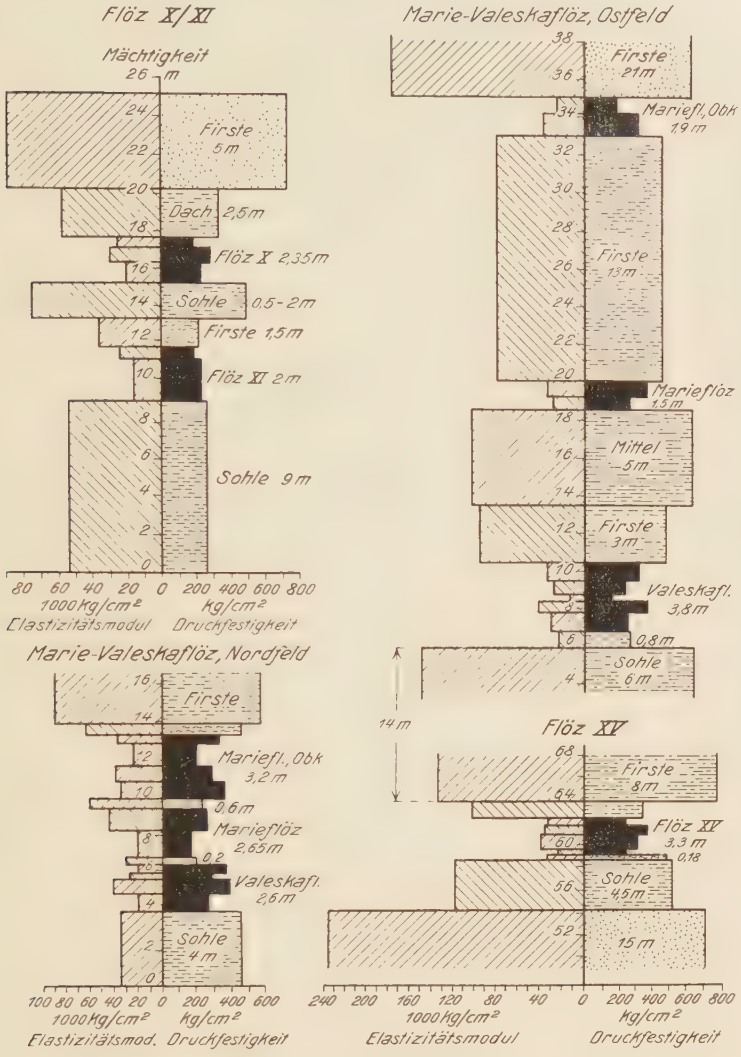


Abb. 5. Festigkeitsprofil durch den Gebirgskörper.

Die Unterschiede der Festigkeits- und Elastizitätseigenschaften aufeinander folgender Schichten sind für deren Verhalten unter Gebirgsdruck bestimmend. Aus den Festigkeitszahlen kann man schließen, welche Schicht zuerst brechen wird; der wechselnde Elastizitätsmodul besagt, daß sich die Schichten bei Belastung unter der Bruchgrenze um einen vom Modul abhängigen Wert federnd zusammendrücken. Bei Fortnahme der Last tritt federnde Rückverformung ein.

Im wesentlichen sind vier verschiedene Fälle zu unterscheiden; nämlich

1. geringe Festigkeit und kleiner Elastizitätsmodul: Die Schicht wird sich unter Druck stark in einen vorhandenen Hohlraum aufwölben und dabei brechen;
2. geringe Festigkeit und großer Elastizitätsmodul: Die Schicht wird sich unter Druck nicht stark zusammendrücken und in Hohlräume durchbiegen, jedoch in der Umgebung der Grubenbaue leicht brechen;
3. große Festigkeit und kleiner Elastizitätsmodul: Die Schicht wird sich stark zusammendrücken und in Hohlräume durchbiegen, aber nicht brechen; als Firste im Alten Mann wird sie »Glocken« bilden;
4. große Festigkeit und großer Elastizitätsmodul: Die Schicht wird das überlagernde Gebirge bis zur Grenze ihrer Tragfähigkeit tragen und mit deren Überschreitung zeitweilig zu Bruche gehen.

Aus dem Zusammenwirken dieser vier Fälle lassen sich fast alle Bewegungsvorgänge erklären, die in Grubenbauen zu beobachten sind. Die dem Gebirgsdruck zuerst nachgebende Schicht erfährt an den Stellen großer Pressung eine Querdehnung und wandert in der Richtung des geringsten Widerstandes, d. h. in die Grubenbaue ab. Dabei tritt Reibung an den Schichtflächen auf, welche die Zugfestigkeit der härtern Schicht übersteigt. Diese wird daher auch auf Zerreißung beansprucht und geschleppt, wodurch ein Teil der Drucklagen entsteht.

Mit der Druckfestigkeit und der Elastizitätszahl sind somit noch nicht alle das Gesteinverhalten bei Gebirgsdruck bestimmenden Größen bekannt, sondern es fehlen die Zugfestigkeit und die Querdehnung. Für einen Vergleich der hauptsächlichen Beanspruchungsverhältnisse der Gebirgsschichten untereinander im Bereich des Abbaudruckes reichen die Werte aber aus.

Beobachtungen und Versuche am Gebirgskörper[1].

Nachdem die physikalischen Eigenschaften der Gebirgsschichten ermittelt worden waren, wurde ihre Auswirkung auf die Gebirgsdruckerscheinungen untersucht. Die entsprechenden Betriebsbeobachtungen erstreckten sich auf einen Zeitraum von 3–4 Jahren, die planmäßigen Untersuchungen und Messungen auf rd. 1½ Jahre.

Versuchsanordnung.

Lotbeobachtungen.

Gesichtspunkte. Ein im Grubenbau aufgehängtes Lot mit Sohlenpunkt gestattet, ohne Feinmeßgeräte die Gegeneinanderbewegung von Sohle und Firste (Abstandsverminderung) sowie die Richtung und Größe der Relativbewegung des Firstenpunktes gegen den Sohlenpunkt festzustellen. Zur getrennten Erfassung der Senkung der Firste und Hebung der Sohle sind Nivellements erforderlich.

Diese Verfahren hat Hoffmann[2] angewandt. Soll die Lagenverschiebung der Punkte im Raum festgehalten werden (Weißner), so ist eine Koordinatenbestimmung durch polygonometrische Messungen durchzuführen. Um hierbei mäßige Fehler zu erhalten, sind eine möglichst geringe Anzahl von Ecken und Instrumentenaufstellungen und eine beschränkte

[1] Wichtigstes Schrifttum: Lehmann, Glückauf 55 (1919) S. 933; Niemczyk, Festschrift des Vereins Techn. Bergbeamten 1930; Spackeler, Glückauf 65 (1929) S. 461 und 1753; 66 (1930) S. 757; Bergbau 44 (1931) S. 401; Kohle u. Erz 29 (1932) Sp. 125; Oberste-Brink, Glückauf 65 (1929) S. 121; Langecker, Berg- u. hüttenm. Jb. 76 (1928) S. 25; Haack, Glückauf 64 (1928) S. 711; Gillitzer, Glückauf 64 (1928) S. 977; Intern. Bergwirtsch. 23 (1930) S. 271; Winkhaus, Glückauf 66 (1930) S. 1; Winstanley, Trans. Instn. Min. Engr. 81 (1930/31) S. 373 und 444; Faulkner, Trans. Instn. Min. Engr. 81 (1930/31) S. 507; Hoffmann, Dissertation Aachen, 1932; Weißner, Glückauf 68 (1932) S. 945; Urban, Przeglad Gorniczo Hutniczy 1929 H. 19/20.

[2] a. a. O. Hoffmann und Weißner haben ihre Untersuchungsergebnisse veröffentlicht, als meine Messungen bereits längere Zeit liefen.

Polygonzuglänge Bedingung. Diese Voraussetzungen finden sich nur im Strebbau erfüllt. Anfängliche Versuche, die Koordinatenmessung auch beim Pfeilerbruchbau durchzuführen, ergaben Fehlerunsicherheiten, die eine erfolgreiche Auswertung als unmöglich erscheinen ließen. Die bei Nivellements erreichbare Fehlergröße beträgt etwa 5 mm in leichter zugänglichen Bauen und 10 mm in Bauen mit besonders zahlreichen Aufstellungen. Für eine annähernde Erfassung der waagrechten Gleitung ließen sich laufend die Relativbewegungen des Firstpunktes gegen den Sohlenpunkt messen. Weißner führt aus, daß das relative Bewegungsbild für eine Deutung des wirklichen Bewegungsvorganges nicht genügt. Brauchbar sind die Relativbewegungen aber für folgende Zwecke:

1. Zeitliche Festlegung des Einsetzens der Bewegung, also des Heranrückens der Abbaudruckzone an den Lotpunkt, vorausgesetzt, daß Sohle und Firste verschiedene Elastizitätszahlen haben.
2. Beschränkte Rückschlüsse auf die absolute Bewegung sind möglich, wenn die Eigenschaften des Gesteins (Abb. 5) mit Wahrscheinlichkeit erkennen lassen, ob die Bewegung des Hangenden oder des Liegenden größer ist. Ein Beispiel hierfür ist das Valeskaflöz, wo eine Firste mit hohem E-Modul vorhanden ist, die im Vergleich zur Sohle eine sehr geringe Gleitung in den Strecken ausführt.

Beobachtet wurden a) die absoluten Hebungen und Senkungen von Sohle und Firste durch Nivellement, b) die relativen Gleitungen der Firstpunkte der Lote.

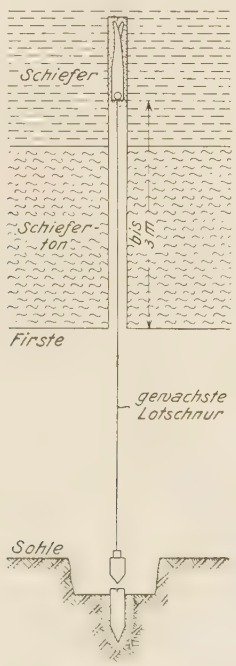


Abb. 6. Vermarkung eines Firstenlotes.

Punktvermarkung. Die Eigenart des Pfeilerbruchbaus gab Gelegenheit, verschiedene Lotpunkte länger als 1 Jahr zu erhalten. Bei sämtlichen Lotpunkten wurde der Schnuraufhängepunkt mindestens 0,50–0,75 m, in besondern Fällen 3 m in der Firste vermarkt (Abb. 6). Betont sei, daß hierin ein wesentlicher Unterschied gegenüber den Untersuchungen von Weißner und Hoffmann liegt. Die untersten Lagen eines Daches zerbrechen bei geringerer Festigkeit und legen sich bei Ausbildung der Trompeterschen Zone alsbald auf die Zimmerung, so daß Meßpunkte in diesen — unter den Verhältnissen meines Untersuchungsgebietes — für längere Beobachtung nicht geeignet waren. Sobald die Schnur durch Bewegungen der Firste an der Bohrlochwandung zu streifen begann, schlitzte man das Bohrloch nach. Die waagrechte Abweichung des Firstpunktes gegen den Sohlenpunkt wurde mit einem auf das Achsenkreuz gelegten Transparent in einem Zeitraum von 14 Tagen gemessen und das Achsenkreuz des Sohlenpunktes bei jeder Messung eingerichtet. Die vierzehntäglichen Messungen haben sich als zweckmäßig erwiesen, weil in den betreffenden Baufeldern innerhalb dieser Zeit ein Pfeilerabschnitt ausgekohlt wird, also der Abbau um 8–10 m voranschreitet. Die Feststellung der senkrechten Bewegung erfolgte durch Nivellements unter Beobachtung der Fixpunkte. Zwischenwerte wurden mit einer Kippregel ermittelt und in die als maßgebend betrachteten Nivellementsergebnisse eingerechnet.

Die Fehlergröße der Nivellements- und Zwischenmessungen wurde aus den Beobachtungsunterschieden aufeinanderfolgender Messungen bestimmt. Sie liegt im Mittel unter 10 mm, in einzelnen besonders vermerkten Ausnahmefällen bei 20 mm. In Strecken übt auch die Lage des Meßpunktes zu der Durchbiegungslinie der Firste auf das Meßergebnis einen Einfluß aus. Um die Ergebnisse von solchen Durchbiegungsfehlern praktisch frei zu machen, brachte man sämtliche Punkte gleich weit, und zwar 0,5 m vom Streckenstoß an. Unter Druck verlagern sich die Auflager in den Stoß, so daß der Durchhang der Firste größer wird. Der Firstenpunkt der Lote vollführt dabei zunächst eine rückläufige Bewegung auf den Stoß zu. Für je 50 mm Senkungs- oder Hebungsmaß beläuft sich rechnerisch diese Bewegungsgröße nach der Durchbiegungsformel für Freiträger[1] annähernd auf 3–5 mm. Dieser Wert ist zwar klein, vermag aber manche rückläufigen Bewegungen zu erklären.

Messung elastischer Verformung im Stoß.

Während die Lotbeobachtungen nur eine Beurteilung der Bewegungen in Grubenbauen gestatten, sollte mit den Elastizitätsmessungen in erster Linie das zeitliche Einsetzen der Veränderungen im Stoßinnern festgestellt werden. Der Gebirgsdruck, der in der Trompeterschen Zone der Grubenbaue eine Gleichgewichtseinstellung durch Gegeneinanderbewegung und waagrechte Gleitung der Schichten herbeiführt, drückt jenseits dieser Zone, im Stoßinnern, das Flöz zusammen (vgl. Abb. 8). Der einzig mögliche Zugang in das Stoßinnere für Meßzwecke sind Bohrlöcher. Da planmäßige Messungen untertage bisher noch nicht ausgeführt worden sind, sei folgendes vorausgeschickt.

Bekannt sind zwei grundsätzlich verschiedene Meßverfahren: 1. In das Stoßinnere oder in das Innere von zu untersuchenden Betonkörpern usw. wird ein Druckkörper (Dose, Waagebalken) eingeführt und gegebenenfalls einzementiert. Ein herausragendes Ende oder eine Telephonleitung vermitteln die Feststellung von Vergleichswerten. 2. Die federnde Dehnung wird an der Gegeneinanderbewegung von zwei Punkten im Stoß gemessen.

[1] Hütte, 24. Aufl. Bd. 1, S. 672.

Nach dem ersten Grundsatz sind die Druckmeßgeräte der Firmen Amsler, Losenhausen, Maihak A.G. (akustisch) und Rumpf (elektrisch) ausgebildet, während nach dem zweiten Verfahren u. a. der Setzdehnungsmesser[1] arbeitet. Auf Grund von Vorversuchen zur Erprobung eines geeigneten Meßverfahrens halte ich die erstgenannte Untersuchungsweise unter bergbaulichen Verhältnissen für weniger geeignet. Die Einführung der eigentlichen Meßgeräte in das Stoßinnere bringt Unsicherheiten mit sich, da sich in der Umgebung des Meßkörpers dieselbe Zone entspannten Gebirges bilden wird wie um die Grubenräume. Vorteilhafter ist das zweite Meßverfahren, bei dem der Vorgang der Zusammendrückung in einem viel größern Abstand gemessen werden kann als bei eingeführten Meßdosen. Ungenauigkeiten ergeben sich hierbei durch die Ausbildung der Trompeterschen Zone am Kohlenstoß. Bei sorgfältiger Auswahl der Grubenbaue für die Messungen und vor allem durch Einbau der Meßstäbe vor Annäherung des Abbaudruckes läßt sich diese Schwierigkeit größtenteils überwinden. Im übrigen können so viel Meßstäbe eingebaut werden, daß man beschädigte Meßpunkte ohne weiteres übergehen kann.

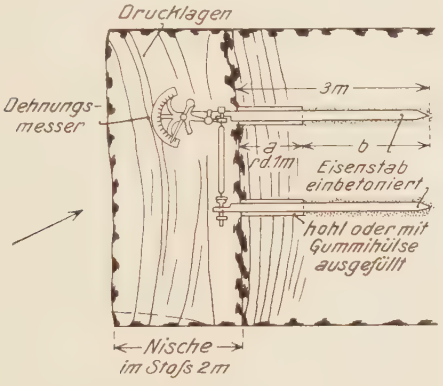


Abb. 7. Messung der federnden Zusammendrückung im Stoßinnern.

Die Messungen fanden in der Weise statt, daß man in das Stoßinnere in besondern Meßnischen, in denen die Stöße nach dem Torkretverfahren verfestigt worden waren, 2 Eisenstäbe von 3 m Länge und 32 mm Stärke in Bohrlöcher senkrecht übereinander (Abb. 7) unter 10 at Druck mit Schnellbindezement einzementierte und mit Hilfe einer Libelle genau parallel stellte. Der vordere Teil der Bohrlöcher wurde frei gelassen und erweitert, so daß man beobachten konnte, ob bei Ausbildung der Trompeterschen Zone abgelöste Kohlenschalen die Meßstäbe beeinflußten. Das freie Ende der Meßstäbe überzog man mit einer Gummihülse. Die auf das Anzeigegerät übertragene Zusammendrückung der Kohle wurde laufend abgelesen, bis der Meßpunkt in die Abbaudruckzone kam, wo die elastische Verformung im Stoßinnern in Bruchverformung überging. Der Abstand der Meßpunktpaare betrug rd. 6 m, derjenige der Meßstäbe je nach dem verwandten Messer 20–30 cm. Da der erwähnte neue Setzdehnungsmesser für meine Messungen noch nicht zur Verfügung stand, fanden zur Ablesung der Bewegung der Stäbe Verwendung: 1. ein als Zylinderbohrungslehre mit $^1/_{100}$ mm Ablesegenauigkeit gebräuchlicher geeichter Stabmesser, 2. mehrere anzeigende Elastizitätsmesser nach Bach, wie sie für die beschriebenen Elastizitätsmessungen verwendet worden sind.

[1] Z. VDI 76 (1932) S. 417.

Die Meßgenauigkeit wird beeinflußt durch 1. Verbiegung der Stäbe, 2. Zusammendrückung der Stäbe, 3. Temperaturschwankungen, 4. Anlege- und Ablesefehler, 5. Abweichung von der Waagrechten.

Zu 1. Die Stäbe sind von gleicher Beschaffenheit und gleich lang; ihre freien Enden werden ebenfalls gleich lang gehalten. Der Durchhang beider Stäbe wird also praktisch gleich sein, so daß dadurch kein Meßfehler entsteht. Ein Verbiegen der Stäbe durch abgelöste Schalen läßt sich durch Nachschlitzen der Bohrlöcher und Schutz der Stäbe vermeiden. Im übrigen erfolgen die Messungen in der noch nicht vom Abbaudruck zerstörten Zone. Zu 2. Der Anteil der Zusammendrückung des Eisenstabes kann ebenso wie der des geringen Zementes außer Betracht bleiben. Die Bewegungsgröße beträgt bei 100 at Belastungsunterschied für 32 mm Stahl (E = 2000000) und rd. 6 mm Zement (E = 250000) ungefähr $\frac{2}{1000}$ mm, sie liegt also unter der Ablesegrenze. Zu 3. Der größte Temperaturunterschied im Stoß und im Grubenraum in der Meßzeit betrug 6°. Dies ergibt für den Elastizitätsmesser aus Stahl mit $\beta = 0{,}0012$ einen Einfluß von 0,0144 mm und für die Kohle mit $\beta = 0{,}0018$ einen Einfluß von 0,021 mm. Der als Meßfehler zu wertende Unterschied beträgt somit rd. 0,007 mm. Zu 4. Der Ablesungs- und Einspannungsfehler des Messers wird auf 0,01 mm veranschlagt. Zu 5. Die Abweichung von der Waagrechten (z. B. durch Aufbiegung) läßt sich mit einer Röhrenlibelle von 10″ Empfindlichkeit bei $^1/_2$ mm Ablesegenauigkeit und 3 m Stablänge auf 0,003 mm genau ermitteln. Die senkrechten Bewegungsunterschiede über 0,003 mm, die sich aus der Libellenformel $\Delta a = n \cdot \frac{\varepsilon}{\rho} \cdot E$ ergaben, dienten zur Berichtigung der Meßwerte.

Messung der Firstabsenkung und Sohlenhebung in Abbaunähe (Abbaunivellements).

Neben den oben beschriebenen, auf längere Zeitdauer berechneten Lotbeobachtungen fanden noch Ermittlungen der Firstsenkung und Sohlenhebung mit dem Nivelliergerät in Abbaunähe statt. Die Meßpunkte wurden im Abstand von 2 m in Sohle und Firste vermarkt und bis 30 m vom Pfeilerabschnitt zurückgeführt; die Anschlußpunkte lagen weiter zurück. Auf Grund von Fehlerbestimmungen nach dem Fehlerunterschiedsverfahren kann die Meßgenauigkeit zu ± 5 mm angegeben werden. Die Beobachtungen erstreckten sich auf 3–4 Wochen.

Beobachtungsergebnisse.

Bruchbau im Flöz X, Ostfeld.

Betriebsbeobachtungen. Das Flöz X Ostfeld wird in einer Mulde mit umlaufendem Streichen gebaut und fällt flach bis zu 6° ein. Der Sprengstoffverbrauch in Vorrichtung und Abbau liegt unter dem Durchschnitt der Grube. Die Firste verhält sich wie Fall 1, die Sohle wie Fall 2 und das Haupthangende wie Fall 3 der Schichtenkennzeichnung auf S. 9.

An der Firste und Sohle sind 5–20 cm starke blättrige Lagen aus Kohle und Kohlenschiefer ein-

gelagert, die nach den angestellten Beobachtungen als Gleitmittel bei der Wanderung von Sohle und Firste wirken. Das Dach kommt bereits beim Auffahren der

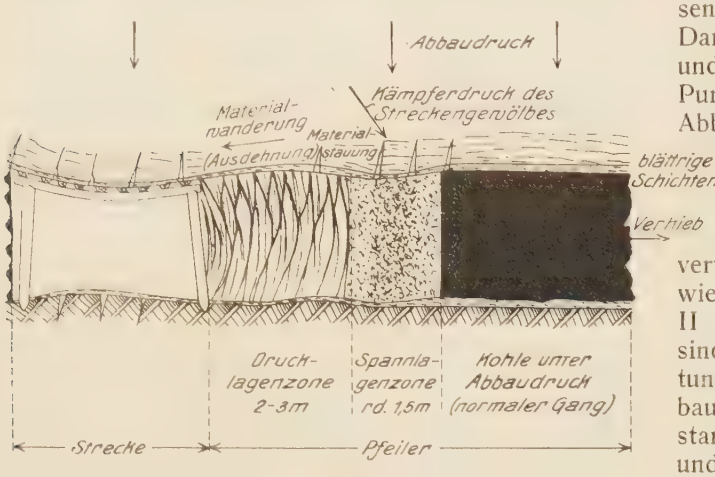


Abb. 8. Übergang aus der Strecke in den Pfeiler im Flöz X.

Baue zur Durchbiegung und gibt der Kohle Gang. Die festere Sohle wölbt sich in Vorrichtungsbauen nur wenig auf, wobei die oberste Schicht aufplatzt. Der Einfluß des Abbaudruckes auf die anstehende Kohle macht sich wie folgt geltend: Im Abbauabschnitt sind die ersten 2 m gewöhnlich zerdrückt (Drucklagenzone), dann folgt eine »Spannlage« von rd. $1\frac{1}{2}-2$ m, in der die Kohle festgeklemmt ist; dahinter hat die Kohle Gang, je nach der Entwicklungsgröße des Feldes. Die Ursache der Festklemmung liegt darin, daß in der »Spannlagenzone« neben dem Abbaudruck ein zusätzlicher Druck herrscht, der sich aus den Kämpferkräften des Streckengewölbes ergibt. Das Profil eines Pfeilereinschnittes ist aus Abb. 8 ersichtlich. Die Spannlage ist voll ausgebildet, wenn die Strecken bereits 1 bis 2 Monate Standdauer haben. Blättrige Schichten werden in der Spannlagenzone ausgewalzt.

Abb. 9. Rißauszug vom Flöz X Ostfeld mit Lotpunkten, Schlechten und Drucklagen. M. 1 : 4000.

Lotbeobachtungen; Schlechten und Drucklagen. In den Abb. 9–11 sind die 32 beobachteten Lote und die daraus ermittelten Kurven gleicher Firstsenkung in gleichen Zeiträumen eingetragen. Um die Darstellung zu vereinfachen, habe ich in den Abb. 10 und 11 nur die Bewegungen einiger kennzeichnender Punkte im einzelnen wiedergegeben. Ferner sind in Abb. 9 die mittlern Streichlinien der beim fortschreitenden Abbau beobachteten Schlechten und Drucklagen eingezeichnet. Den angegebenen Verlauf der Drucklagen kann man im entwickelten Feld in jedem Abbauabschnitt verfolgen. Er ändert sich mit der Abbaurichtung, wie ein Vergleich zwischen den Baufeldern I und II deutlich zeigt. Die Linien gleicher Firstsenkung sind das Ergebnis einer $\frac{1}{2}-1$ jährigen Beobachtung. Sie lassen erkennen, daß 1. bei gerader Abbaufront die Senkungen in einem bestimmten Abstand von der Abbaukante annähernd gleich groß sind und 2. bei größerer Entwicklung des Abbaufeldes in der Feldesmitte eine stärkere Senkung eintritt als an den Rändern. Die Firstpunkte der Lote 4 und 9 waren

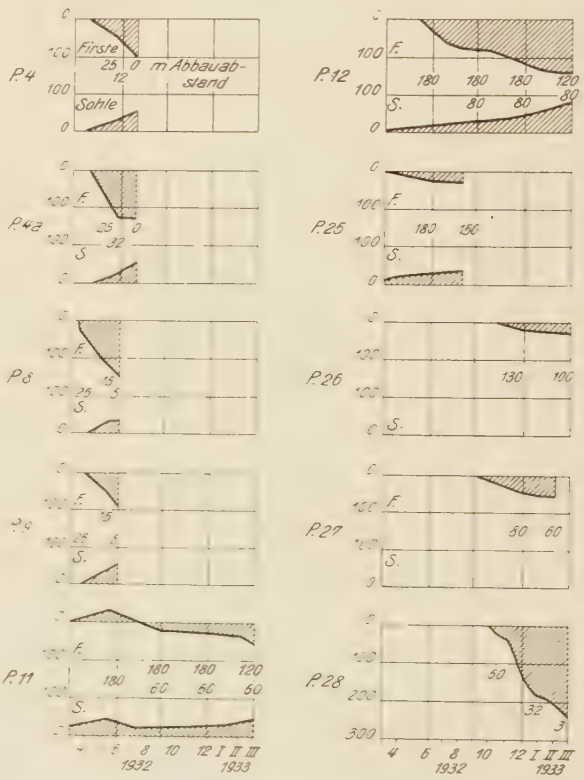
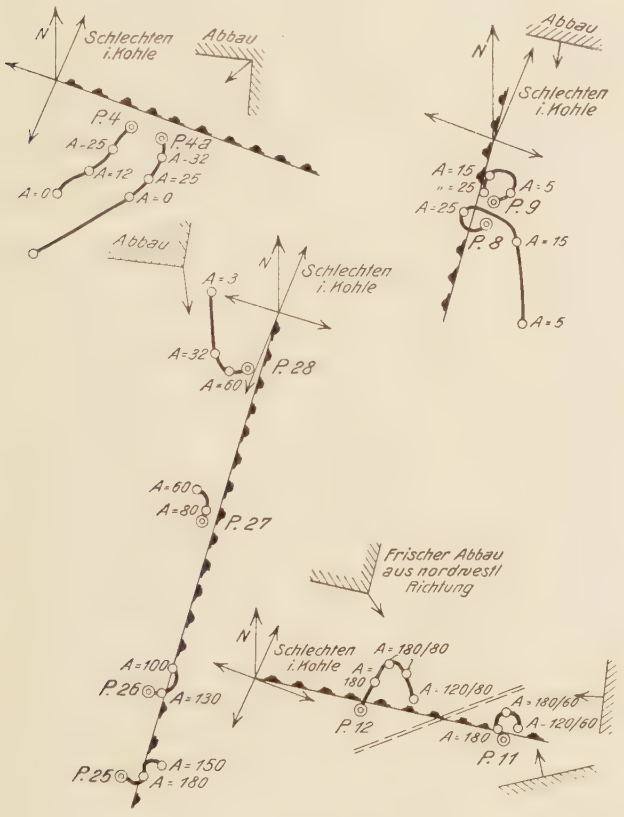


Abb. 10. Senkrechte Bewegung einiger kennzeichnender Lotpunkte. M. 1 : 20.

3 m hoch im Sandsteinhangenden vermarkt, während man die Nachbarlote 4a und 8 im Schieferdach $\frac{3}{4}$ m tief eingebaut hatte. Der Unterschied in ihren senkrechten Bewegungen (Abb. 10) beweist, daß feste Hangendschichten unter sonst gleichen Bedingungen eine erheblich geringere Absenkung erfahren als die weichern Dachschichten. Die festen Schichten überkragen bis zu ihrem Abreißen den Abbauhohlraum und üben einen beträchtlichen Zusatzdruck in der Kämpferzone aus. Die Firstbewegung der Lote 11 und 12 zeigt sehr starke Abweichungen, obwohl beide in derselben Strecke liegen und vom Abbau so weit entfernt sind, daß eine Beeinflussung durch die Abbaudruckzone (vgl. z. B. Lot 25) nicht

in Frage kommt. In der waagrechten Gleitung trat bei beiden Loten von Juli 1932 an Umkehr der Relativbewegung ein. Von diesem Zeitpunkt an wurde auch eine neu ausgebildete Gleitfläche beobachtet, deren Entstehung wahrscheinlich mit einer Kämpferkraft des den großen alten Abbau überspannenden Gewölbes im Zusammenhang stand. Die zweite Gleitebene beobachtete man nördlich der Punkte 17 und 21 im ersten Vierteljahr 1933 an 7 Aufschlußstellen, als die Abbauentfernung etwa 50 m betrug. Ihre Entstehung dürfte auf den Kämpferdruck des Abbaus im Baufeld I zurückzuführen sein. Die Punktreihe 25 bis 28 in der Mitte des Abbaufeldes ergibt eine mit der Abbaunähe stetig zunehmende Senkung der Firste. Die relative Gleitung der Firstpunkte wird ebenfalls größer und ist bei etwa 32 m Abstand deutlich auf den nahenden Abbau gerichtet. Diese 32 m sind somit für



A = Abbauabstand.

Abb. 11. Relative waagrechte Gleitung einiger Firstpunkte. M. für Gleitung 1 : 5.

das Flöz X als Abbaudruckzone anzusehen, außerhalb deren die relativen Gleitungen kleiner und richtungslos sind.

Die Drucklagen streichen diagonal durch die Pfeilerabschnitte und lassen sich etwa 25–30 m rückwärts vom Abbau verfolgen; sie fallen nach dem Abbauraum hin ein. Ihre Einfallrichtung wird meines Erachtens bestimmt durch die im Abbau zunehmende Sohlenbewegung, die einsetzt, nachdem die Firste bereits eine geringe Absenkung erfahren hat. Die Kohle wird von der Sohle und Firste geschleppt und in der Richtung der Drucklagen aufgerissen, wie die Abb. 12 und 13 zeigen, während der mittlere Teil stehen geblieben ist. Die gut verkitteten Hauptschlechten haben auf die Drucklagenbildung keinen Einfluß. Für die Abbauführung hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die gerade Front genau innezuhalten. Bauen z. B. die Pfeiler der Schwebenden 1 bis 3 vor, so verlegt sich der stärkere Druck auf die Pfeiler 4 bis 6 und umgekehrt.

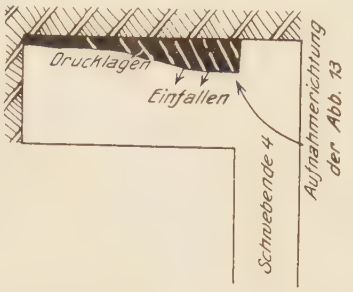


Abb. 12. Drucklagenbildung am Pfeilerbein im Flöz X.

Abbaunivellement. In den Abb. 14 und 15 sind die ermittelten Senkungen der Firste und Hebungen der Sohle schaubildlich dargestellt. Die Zahlen in der Mitte jedes Diagramms geben den Abstand vom Alten Mann in Metern an, und zwar die obere Zahl vom nördlichen, die untere vom südlichen Alten Mann. Der Einfluß des Durchhanges der Firste ist besonders beobachtet worden. Man sieht, daß die Senkungen in verschiedenen Zeiträumen verhältnisgleich sind. Die Größe der Bewegungen von Sohle und Firste steht mit dem Festigkeitsverhalten in Einklang. An einigen Punkten setzte die Sohlenhebung früher ein, obwohl die Sohle (s. Festigkeitsprofil) fester war. Dies erklärt sich daraus, daß die Firstsenkung in der Abbaustrecke bereits vor Meßbeginn eingetreten war und daher bei weiterer Pressung die Sohle zuerst auswich (Beispiel: Punkte 11–14). Dasselbe gilt für den Pfeilereingang, solange dieser das Aussehen einer breiten Strecke hat. Sobald der Durchschlag erfolgt ist und das Bein gewonnen wird, überwiegt wieder die Firstsenkung. Beispiele hierfür sind die Punkte 16–18 und 21–23 in der Strecke sowie die Punkte 30–32 am Pfeilereingang. Während der Abbaustundung schreitet die

Abb. 13. Schleppung der Kohle an Sohle und Firste im Flöz X.

Absenkung fort; sie erfährt auch keine wesentliche Verlangsamung. Punkt 29 konnte nach dem Rauben eines Pfeilers (Punktreihe 29–37) weiter beobachtet werden, wobei sich zeigte, daß die langsame Absenkung im Alten Mann andauert, auch wenn die Hangendschichten zu Bruch geworfen sind. Ein Aufhören der Biegung des Schichtenpaketes findet nicht statt.

Die allgemein bekannte Entlastung der Abbauräume beim Bruchwerfen muß also andere Ursachen haben. In erster Linie beruht sie auf der Querausweichung nachgiebiger Schichten in den Alten Mann an der Abrißkante des Hangenden. Das Abbaunivellement hat weiter nachgewiesen, daß das Pfeilerbein die Senkung der Firste bis zu seiner Schwächung verzögert. Die Firste biegt sich am Beinstoß der Pfeiler am meisten durch (Punkt 42).

Flöz Marie-Valeska, Ostfeld.

Betriebsbeobachtungen. Das Flöz Valeska Ostfeld liegt rd. 112 m unter dem in diesem Feldesteil bereits gebauten Flöz X und unterscheidet sich von diesem durch die Beschaffenheit seines Nebengesteins (Abb. 5). Dementsprechend verlaufen auch die Bewegungen in der Abbaudruckzone anders, wie das Abbaunivellement in Abb. 18 erkennen läßt.

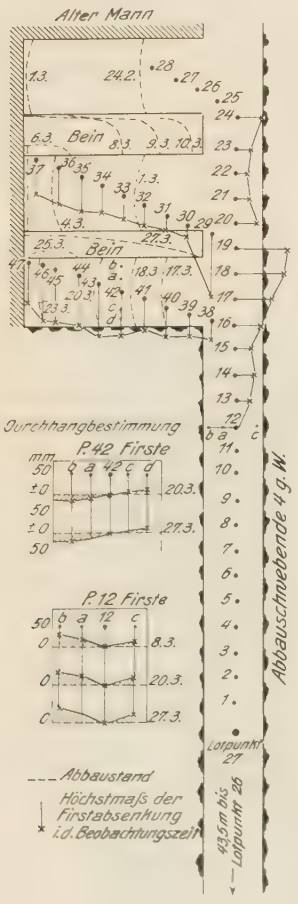


Abb. 14. Lage der Meßpunktpaare zum Abbaunivellement im Flöz X und Durchhangbestimmung (links).

Die Gewinnung ist verhältnismäßig leicht, weil die feste Firste eine starke Querwanderung der Kohle im Abbau bewirkt. Die Sprengstoffkosten in Vorrichtung und Abbau liegen unter dem Durchschnitt. Das unmittelbare Hangende bildet ein zäher, gut gebankter Tonschiefer, dessen kennzeichnende Eigenschaft ein hoher Elastizitätsmodul ist. Er verhält sich daher wie Fall 2 der Schichtenkennzeichnung (S. 9). Wie aus dem Festigkeitsprofil hervorgeht, sind die Sohle und eine Glanzkohlenlage bei 1,8 m von der Sohle aus die nachgiebigsten Schichten, deren Verhalten dem Fall 1 der Schichtenkennzeichnung entspricht. Unter der weichen Sohle liegt eine festere Schieferbank; sie wirkt wie eine feste Grundplatte, auf der die Sohle zerdrückt wird und waagrecht ausweicht.

Sobald die Sohle im Stoß zusammengepreßt ist, beginnt eine lebhafte Drucklagenbildung mit Wanderung der Kohle in die Strecke. Die Drucklagen in der Kohle verlaufen parallel zur Abbaulinie (Abb. 16), während sie im Flöz X etwa senkrecht dazu streichen. Sie lassen sich mikroskopisch am Pfeilereinschnitt rd. 2 m tief und 15 bis 20 m rückwärts vom Abbau etwa 0,5 m tief im Stoß verfolgen. Bei der Drucklagenbildung in den Strecken »setzt die Kohle ab«. Dieses hörbare Arbeiten des Gebirges ist am regelmäßigsten, wenn der Verhieb gleichmäßig schnell fortschreitet, die Abbaulinie gerade ist und die ausgekohlten Pfeiler gut einrauben. Gehen die Brüche nicht sofort, so treten in den Nachbarabschnitten größere Drücke auf, bis durch das Zubruchgehen der Glocke wieder Ruhe eintritt.

Abbaunivellement. Die Bewegungen von Sohle und Firste in Abbaunähe wurden durch ein Abbaunivellement erfaßt. Die Ergebnisse sind in den Abb. 17 und 18 schaubildlich dargestellt, wobei sich die Zahlen in der Mitte der Diagramme (Abb. 18) auf den Abstand vom Alten Mann beziehen. An den Streckenpunkten 15–23 ist eine gleichmäßige Sohlenhebung von durchschnittlich 3 mm je Tag festgestellt worden. Diese Punkte lagen in einer streichenden Strecke, der sich die Abbaulinie in der Beobachtungszeit von rd. 40 auf 30 m näherte. Bei den Loten 7–14 ist zu berücksichtigen, daß hier die Strosse wegen starker Quellung vor Beginn der Messung bereits um 50 cm nachgerissen werden mußte. Die Aufpressung der noch übriggebliebenen aufgeblätterten Sohle war daher entsprechend geringer. Bei den Streckenpunkten 1–6 mußten die Sohlenpunkte wegen des erforderlichen Nachreißens erneuert werden. Zu den dargestellten Hebungswerten dieser Punkte muß man 50 cm hinzurechnen. Die gesamte Sohlenhebung 5–8 m vor dem Pfeilerabbau beträgt rd. 1 m, die größte Firstsenkung rd. 10 cm, was den Festigkeits- und E-Werten dieser Schichten entspricht. Eine Strecke von 3 m Höhe geht beim Heranrücken des Abbaus in 3–4 Monaten auf rd. 2 m zusammen. Im Pfeilerabbau selbst gestatten die größere Breite der Pfeiler und der Alte Mann ein seitliches Ausweichen der Sohle, die demgemäß eine geringere Steilbewegung macht. Die Firstabsenkung nimmt vom Abbau aus nach rückwärts gleichmäßig ab. Die Punkte 15 und 16 machen eine Ausnahme, die damit erklärt wird, daß die an sich breitere Streckenkreuzung eine größere Durchbiegung herbeiführte. Außerdem war zwischen beiden Punkten eine neu gebildete Gleitfläche zu beobachten. Die Firstabsenkung im Pfeilerabbau erreichte Beträge von 17–25 mm je Tag. Weil die Firste im Abbau bereits gebrochen und damit zusammenhanglos geworden ist, wird ihre Bewegung fast so groß wie die Hebung der zugehörigen Sohlenpunkte (Punkte 25–35). Zusammengefaßt ergibt das Nivellement eine mit der Zeit gleichmäßig fortschreitende Sohlenpressung und Firstsenkung im Bereich des Abbaudrucks, die mit der Abbaunähe zunehmen. Im Pfeiler selbst ist die Sohlenhebung geringer, weil eine Ausweichmöglichkeit in den Alten Mann besteht. Nach den Hebungswerten der Sohle liegt also die Grenze der in der Strecke erkennbaren Abbaudruckzone in etwa 30–40 m Abstand von der Abbaukante.

Messung federnder Zusammenpressungen. Eine in diesem Beobachtungsfeld wiederholt auftretende Erscheinung ist das Aufpressen der Sohle und Absetzen der Stöße in einem Abstand von 50–60 m von einer Abbaukante. Der Vorgang ist in 5 Strecken beobachtet worden. Zwischen der Abbaudruckzone und dieser Sohlenaufwölbung bleibt ein Streckenstück unversehrt. Der kleine Sprung in den Schwebenden (Abb. 16) bildete keineswegs die Leitlinie dieser Aufpressung, sondern sie war

in den Schwebenden 1–3 östlich, in den Schwebenden 4–5 dagegen westlich des Sprunges zu beobachten. Die Mitwirkung eines hangenden oder des liegenden Flözes ist nicht anzunehmen, weil die Abbaukante des Flözes XV mehr als 100 m entfernt war und sich unter dem Alten Mann des Valeskaflözes befand und der Seigerabstand des nächstgebauten hangenden Flözes X 112 m betrug.

Zur Klärung wurden Messungen der Zusammenpressung in 3 Schwebenden nach dem oben beschriebenen Verfahren vorgenommen und Meßstäbe in die Spannlagenzone der Streckenstöße einzemen-

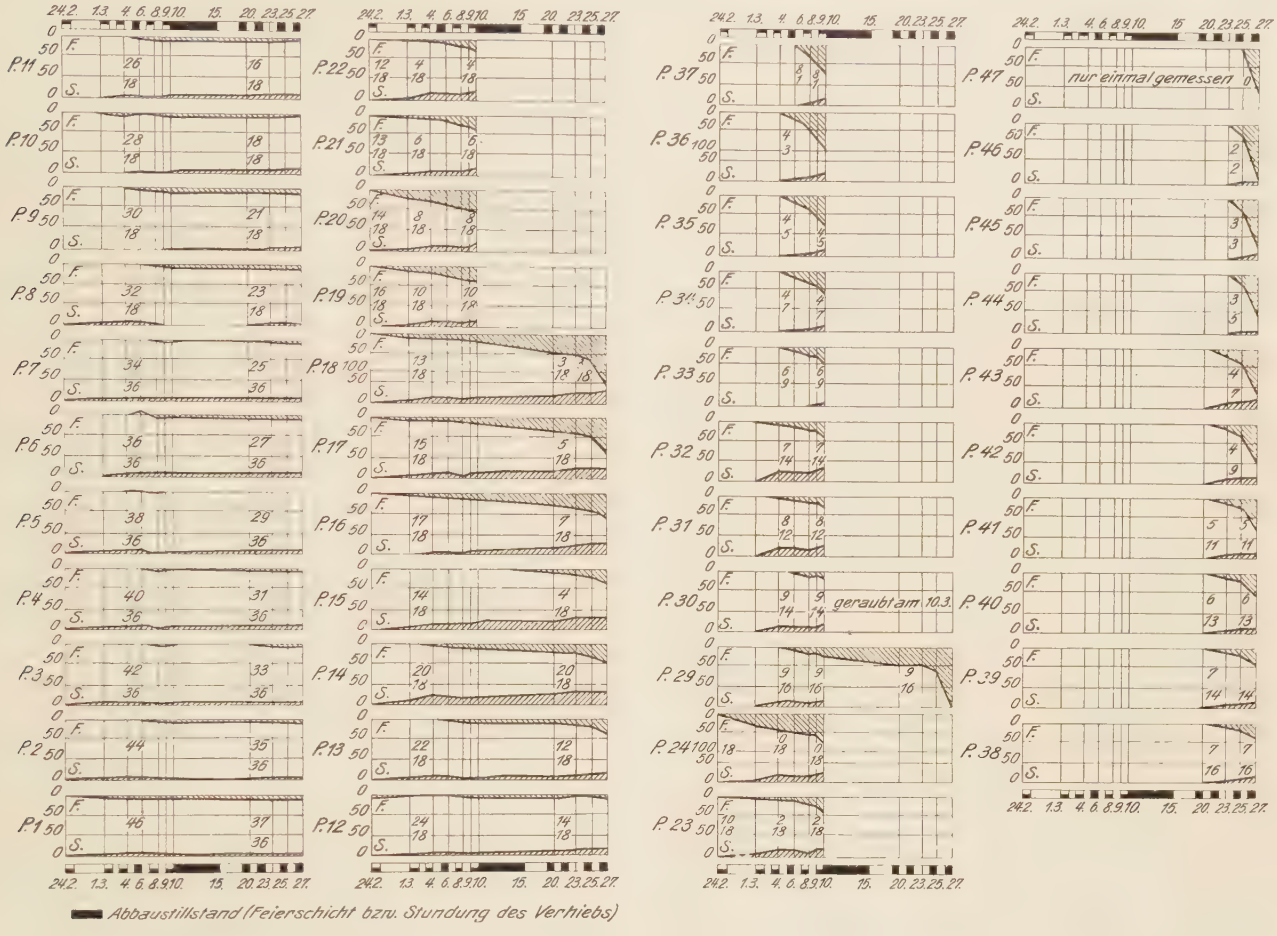



Abb. 15. Ergebnisse des Abbaunivellements im Flöz X (1 mm = 20 mm Hebung oder Senkung).

tiert. Die Meßergebnisse in der Schwebenden 3 — in der Mitte des Bauabschnittes (Abb. 19) — zeigen eine fortschreitende federnde Zusammenpressung der Kohle. Die Höchstwerte lagen im Januar bei Punkt 5, im Februar bei Punkt 4 und im März/April bei Punkt 2. In den andern Schwebenden machte man übereinstimmende Feststellungen. Die Zahlenwerte der insgesamt rd. 500 Einzelmessungen haben als solche keine Bedeutung, sondern ihr Wert liegt darin, daß sie das zeitliche Einsetzen der Veränderungen im Stoß erkennen lassen. Die Pressung am Meßpunkt E 1 kann zum Teil auf den Einfluß der Mittelstrecke zurückgeführt werden, die Pressungen der übrigen Punkte sind aber als Verformungen innerhalb der Elastizitätsgrenze anzusehen, denn die Zone des Abbaudruckes hat sich vom Punkt E 9 an deutlich durch Drucklagen gekennzeichnet. Die Punkte E 8 und E 9 mußten normalerweise im April bereits im Bereich der Drucklagenbildung liegen; dies war auch der Fall, aber nicht in einer die Meßstäbe beeinflussenden Tiefe. Der Grund hierfür ist, daß bis zum Abschluß der Messungen der Kohlenpfeiler, in dem sich die Meßstäbe befanden, nicht in Abbau gekommen ist. Aus den Kurven geht hervor, daß sich die Druckzone mit Verzögerung fortgepflanzt hat. Der jeweilige Höchstwert der federnden Zusammenpressung liegt bereits außerhalb der Abbaudruckzone, wie sie sich nach dem Abbaunivellement ergeben hat.

Die Meßergebnisse lassen sich dahin auswerten, daß

1. eine Kämpferdruckzone, in der eine Zusammendrückung des Flözes stattfindet, wirklich vorhanden ist,
2. in dem regelmäßigen Fortschritt der Kämpferdruckzone Verzögerungen eingetreten sind,
3. die Kämpferdruckzone einen gewissen Abstand von der erkennbaren Begrenzung der Abbaudruckzone aufweist.

Die Ursache der Verzögerungen dürfte in der Sandsteinbank zu suchen sein, die sich wie Fall 4 der Schichtenkennzeichnung (S. 9) verhält. Der große Abstand von 60 m zwischen der Abbaukante und der Pressungszone läßt sich aus der Tragfähigkeit der Sandsteinbank erklären. Für die Größe der Tragfähigkeit kann eine Annäherungsrechnung aufgestellt werden, wenn man von den bei Ausbildung der Drucklagen in Abbaunähe wahrscheinlich auftretenden Druckkräften ausgeht. Für die Berechnung wird eine Einspannung der Schichten als halbeingespannte

Träger[1] anzunehmen sein. Die Drucklagenzone schreitet regelmäßig mit dem Abbau vor, d. h., ist im Pfeilerabschnitt die Beingewinnung im Gange, so vertiefen sich rückwärts in der Strecke die Druck-

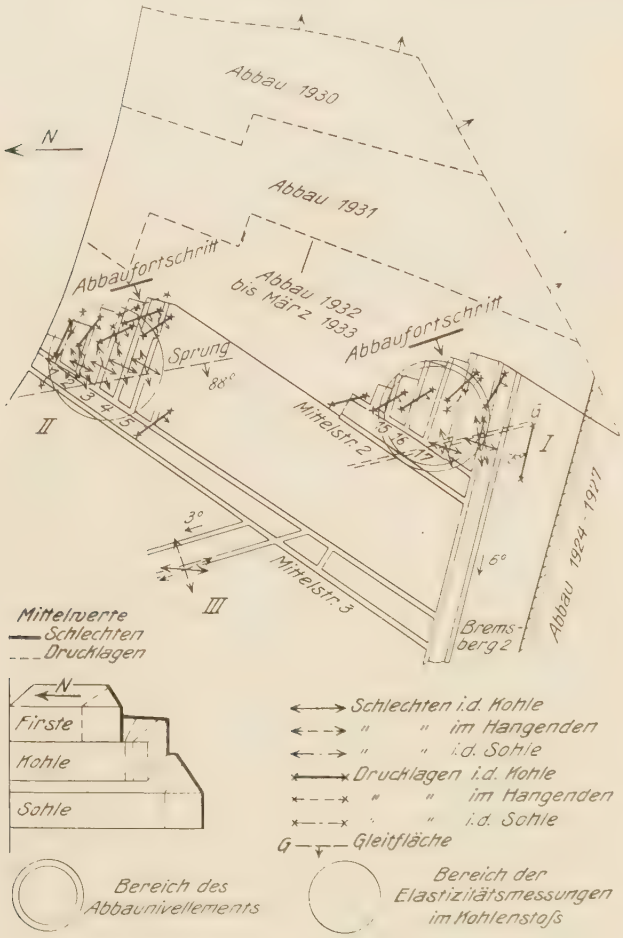


Abb. 16. Rißauszug vom Valeskaflöz
Ostfeld mit Schlechten, Drucklagen und Gleitflächen.

lagen von rd. 0,5 m auf 2 m im Stoß auf eine Länge von 8–10 m (entsprechend der Pfeilerbreite). Der Vorgang spielt sich in verhältnismäßig kurzer Zeit ab. Wenn man das Gewicht der entspannten Schichten

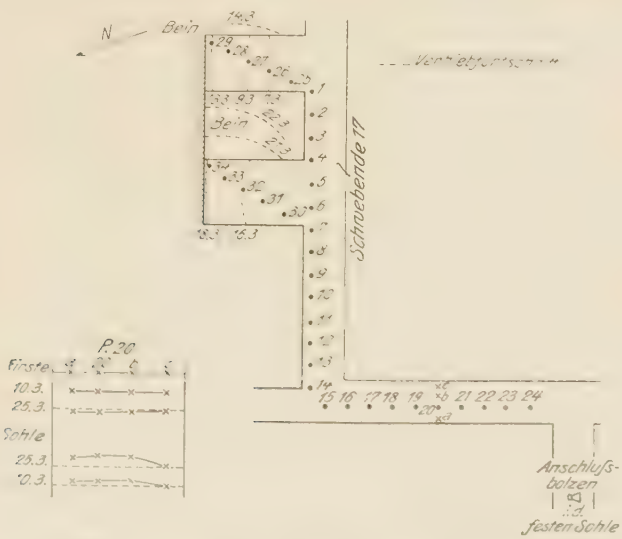


Abb. 17. Lage der Meßpunkte zum Nivellement im Valeskaflöz.

[1] Hütte, 24. Aufl., Bd. 1, S. 660.

innerhalb der Trompeterschen Zone der Strecke vernachlässigt, errechnet sich die Belastung K für die Drucklagenbildung wie folgt: Länge der Zerdrückung 8 m, Breite $2 \cdot 1{,}5 = 3$ m, mittlere Festigkeit der zerdrückten Kohlenbank 240 kg cm²; K = 57600 t.

Die Last P: Länge der eingespannten Platte vom Einspannlager bis zum Auflager 50 m, Streckenbreite und beiderseitige Drucklagenzone $3{,}5 + 2 \cdot 2 = 7{,}5$ m, spezifisches Gewicht 2600 kg/m³; P = 9800 t je 10 m Schichtenmächtigkeit.

Der Auflagerdruck A an der Einspannstelle bei Verlagerung der Einspannstelle infolge Vorschreitens der Abbaudruckzone um 8 m ist gleich $^5/_8 \cdot P = 6100$ t je 10 m Schichtenmächtigkeit. Auf das Auflager wirken demnach ungefähr 57500 : 6100 = rd. 94 m Schichten bei einachsiger Einspannung. Tatsächlich wird die Mächtigkeit geringer sein, weil die Stützkraft

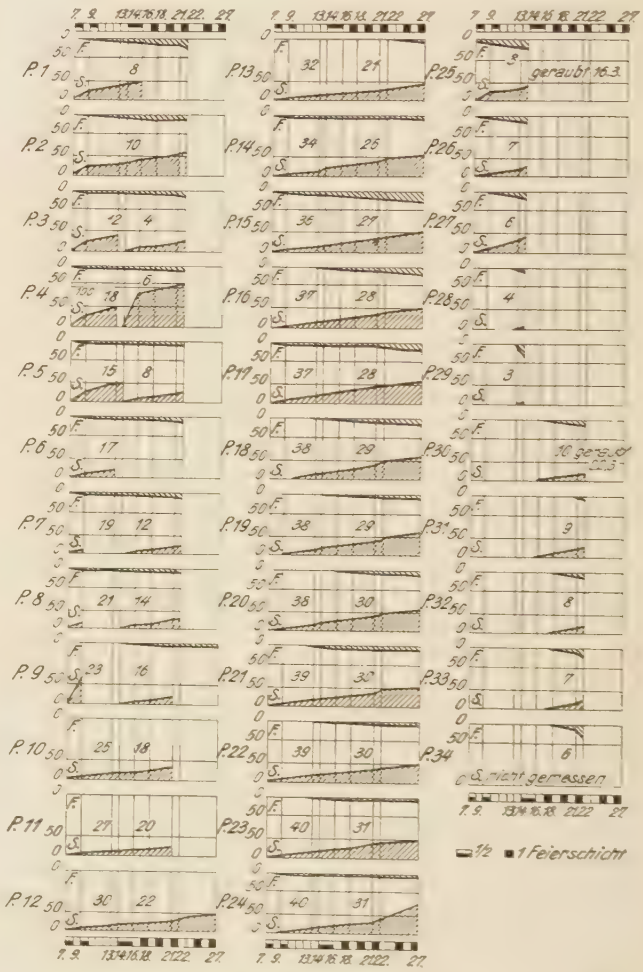
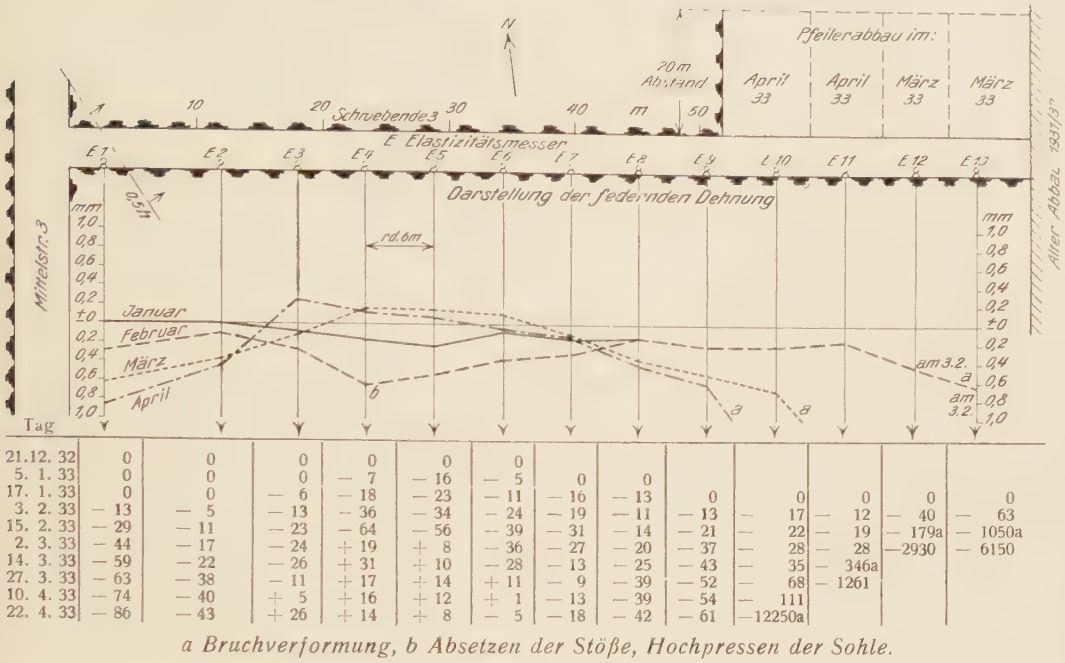



Abb. 18. Ergebnisse des Abbaunivellements im Valeskaflöz.

der Kohle infolge der bereits ausgebildeten Trompeterschen Zone geringer ist. 28 m über dem Flöz befindet sich die rd. 21 m mächtige Sandsteinbank. Das Schichtengewicht des in die Berechnung einbezogenen Streifens bis zur Sandsteinbank beträgt $2{,}8 \cdot 9800 = 27000$ t, das der Sandsteinbank und der errechneten Überlagerung in der Trompeterschen Zone 94 m – 28 m = 66 m = $6{,}6 \cdot 9800$ t = 65000 t. Die Tragkraft errechnet sich nach der Formel $T = 8 \frac{Kb \cdot W}{1} \cdot Kb$ = Biegungsfestigkeit, die nach Bach[1] auf $^1/_6$ der Druckfestigkeit veranschlagt werden kann

[1] a. a. O.

(W = Widerstandsmoment, l = Länge). Kb = 103 kg je cm²; $W = \frac{bh^2}{6} = \frac{7{,}5 \cdot 21^2}{6} = 550$. Länge l der tragenden Sandsteinbank $= \frac{81\,030\text{ t} \cdot 550}{65\,000} = 69$ m. Die Sandsteinbank kann demnach bis 69 m über die Abbaukante



21.12. 32	0	0	0	0	0	0							
5. 1. 33	0	0	0	— 7	— 16	— 5	0	0					
17. 1. 33	0	0	— 6	— 18	— 23	— 11	— 16	— 13	0	0	0	0	0
3. 2. 33	— 13	— 5	— 13	— 36	— 34	— 24	— 19	— 11	— 13	— 17	— 12	— 40	— 63
15. 2. 33	— 29	— 11	— 23	— 64	— 56	— 39	— 31	— 14	— 21	— 22	— 19	— 179a	— 1050a
2. 3. 33	— 44	— 17	— 24	+ 19	+ 8	— 36	— 27	— 20	— 37	— 28	— 28	—2930	— 6150
14. 3. 33	— 59	— 22	— 26	+ 31	+ 10	— 28	— 13	— 25	— 43	— 35	— 346a		
27. 3. 33	— 63	— 38	— 11	+ 17	+ 14	+ 11	— 9	— 39	— 52	— 68	— 1261		
10. 4. 33	— 74	— 40	+ 5	+ 16	+ 12	+ 1	— 13	— 39	— 54	— 111			
22. 4. 33	— 86	— 43	+ 26	+ 14	+ 8	— 5	— 18	— 42	— 61	—12250a			

a Bruchverformung, b Absetzen der Stöße, Hochpressen der Sohle.

Abb. 19. Messung der Zusammendrückung im Kohlenstoß des Valeskaflözes. (Abstandänderung in 1/100 mm bis zum Meßtage; — Verkürzung, + Verlängerung.)

überkragen. Sie erzeugt dort den Kämpferdruck, da sie die durchhängenden Schichten des Haupthangenden zu tragen hat. An der Einspannebene können Scherkräfte auftreten, denn unter der Sandsteinbank liegt ein 1,9 m mächtiges Kohlenflöz, das unter allseitiger Pressung bis 2% zusammengedrückt werden kann (Untersuchungen von Müller und Karmán). Die Sandsteinbank vermag daher ohne Beeinflussung des Valeskaflözes bereits geringe Bewegungen auszuführen, die für eine Gleitung an der Scherfläche ausreichen dürften. Die berechneten Verhältnisse, die nur der Größenordnung nach zu werten sind, veranschaulichen die Abb. 20 und 21.

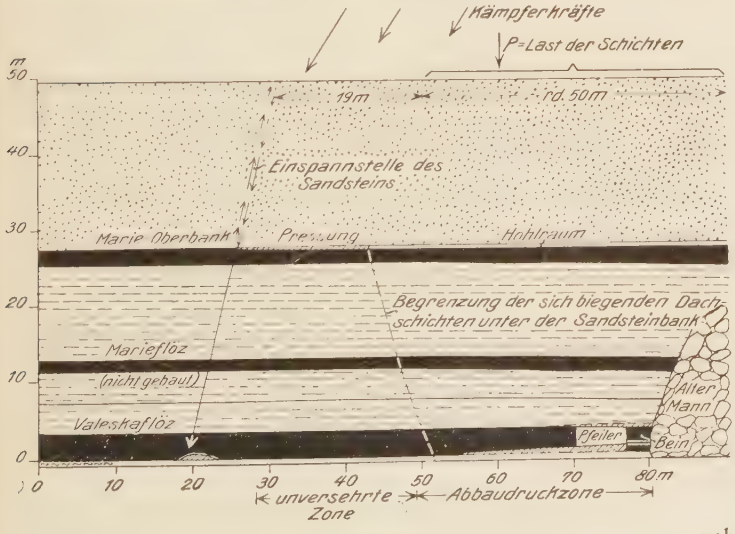


Abb. 20. Erklärung der Entstehung einer elastischen Pressungszone im Valeskaflöz.

Flöz XV, Ostfeld (Übereinanderbau von 2 Flözen).

Betriebsbeobachtungen. Das Flöz XV wird unter dem beschriebenen Valeskaflöz Ostfeld nachfolgend abgebaut. Das rd. 15 m mächtige Zwischenmittel besteht aus Schiefer und Sandschiefer. Das Schieferdach von 1,5 m Mächtigkeit (Abb. 5) hat nur ungefähr dieselbe Festigkeit wie die außerordentlich feste Streifenkohle des Flözes XV, dagegen ist der Elastizitätsmodul des Schiefers groß. Der Schiefer verhält sich wie Fall 2 der Schichtenkennzeichnung (S. 9), d. h. er biegt sich wenig durch, solange er nicht durch den Abbaudruck des Valeskaflözes in Schollen zerlegt ist, bricht aber leicht. Wo das Valeskaflöz gebaut ist, hat die Kohle im Abbau des Flözes XV keinen Gang. Der Sprengstoffverbrauch von 180 g/t liegt dann fast so hoch wie im Durchschnitt für die Vorrichtung. Im ungestörten Feld halten die Strecken in der ersten Zimmerung, wenn sie nicht breiter als 2,5 m aufgefahren sind. Firste und Sohle biegen sich dann nur so weit durch, daß die Kappen nicht brechen. Breitere Strecken vermag das Schieferdach nicht bruchfrei zu überspannen. Zweigleisige Strecken werden deshalb 5 m breit aufgefahren und beiderseits in Holzschränke gesetzt.

Die Drucklagen im Flöz XV lassen zu den Abbaukanten des Oberflözes keine Beziehung erkennen. Sie bilden sich lediglich nach dem Verlauf der eigenen Abbaukanten der Streckenstöße und der Sprünge, soweit die Abbaudruckzone in den Bereich von Sprüngen kommt.

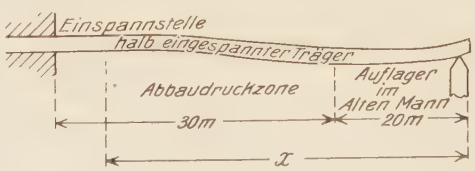
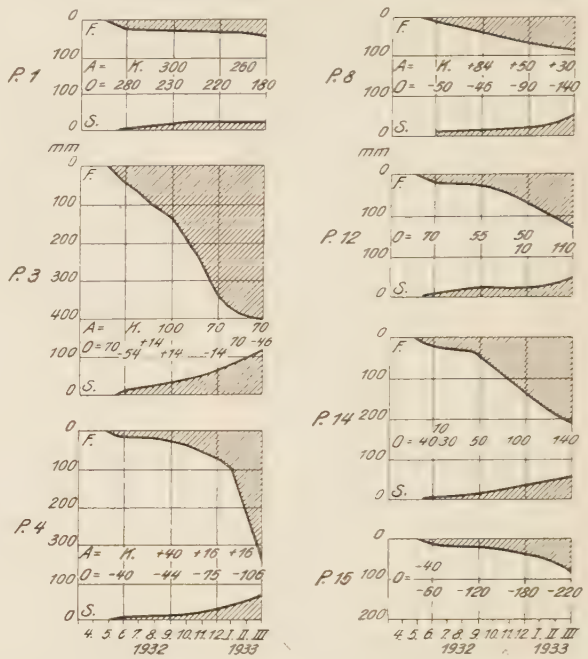


Abb. 21. Für die Berechnung der Tragfähigkeit angenommener Fall der Festigkeitslehre.

Messungen an Lotpunkten in Strecken. Durch die in den Abb. 22–24 nur teilweise wiedergegebenen Lotbeobachtungen, die sich auf ein Jahr erstreckten, sollten die Grenzen und das zeitliche Einsetzen der Druckeinwirkungen des Valeskaflözes ermittelt werden. Wegen des gebrächen Schiefers waren die Firstpunkte der Lote gewöhnlich 0,8 m im Hangenden (also immer noch im

Schiefer) vermarkt. Die Lotpunkte 1, 2, 3 wurden 2 m in der Firste (im festen Sandschiefer) vermarkt. Die Gegeneinanderbewegungen von Sohle und Firste entsprechen ziemlich genau dem Festigkeitsverhältnis der beiden Schichten. Die Kurven der waagrechten Bewegungen sind die Resultierenden der wirklichen Gleitungen der First- und Sohlenpunkte. In drei Fällen versuchte man, die Koordinaten der absoluten Firstpunktverschiebung durch Anschlußmessungen zu bestimmen.

Von den in den Abb. 23 und 24 wiedergegebenen Lotpunkten wurden die Punkte 3, 4 und 8 vom Abbau des Oberflözes und dem flözeigenen Abbau beeinflußt; die Punkte 12, 14 und 15 unterlagen nur den Einwirkungen des Oberflözes, weil der Abbau im Flöz XV in diesem Feldesteil gestundet war. Lot 1 lag während der ganzen Zeit außerhalb der Abbauwirkungen. An den Punkt 3 wurde im Oberflöz im zweiten Vierteljahr 1932 bis auf 12 m herangebaut und im dritten Vierteljahr der Lotpunkt überbaut, wobei die Firste nach dem Alten Mann hin wanderte. Die Absenkung ist im Monat Januar 1933 bei genau 25 m Abbauabstand des Oberflözes zum Stillstand gekommen. Vom Abbau des eigenen Flözes ist der Punkt 3 nicht beeinflußt worden, sonst müßte dies an der Senkung im vierten Vierteljahr zu erkennen sein. Die Punkte 4 und 5 lagen bei Meßbeginn bereits unter dem Alten Mann des Valeskaflözes. Kennzeichnend ist die geringe Bewegung von Punkt 4 bei Annäherung des flözeigenen Abbaus bis auf 16 m. Die Unterbrechung der Schichtenfolge durch den Abbau des Oberflözes verzögert und verringert den Abbaudruck im Flöz XV. Erst nachdem die 10 m entfernte flözeigene Abbaukante etwa vier Wochen stillgestanden hatte, nahm die Bewegung der Firste zu. Punkt 8 ist während der Beobachtungszeit weder



A Abstand von der Abbaukante des Flözes XV, O von der des Oberflözes (Valeska).

Abb. 23. Senkrechte Bewegungen von Sohle und Firste einiger Lotpunkte.

von der Abbaudruckzone des Oberflözes noch von der Druckzone des eigenen Abbaus erheblich beeinflußt worden. Die Firstsenkung betrug innerhalb eines Jahres nur 90 mm. Die Bewegung von Lot 12 läßt darauf schließen, daß die Schichten von dem vorbeischreitenden Abbau des Oberflözes eben noch beeinflußt worden sind, und zwar von dem Zeitpunkt an, als sich der Abbau auf den kürzesten Abstand von 50 m (Anfang des vierten Vierteljahres 1932) genähert hatte. Dieser Abstand ist demnach die äußerste Grenze der Einwirkung des Oberflözes. Lot 14 ist an einem Punkt vermarkt worden, der bereits unter Einwirkung des Oberflözabbaus stand. Die Strecke war von dieser Stelle bei Beobachtungsbeginn etwa auf die Hälfte ihres ursprünglichen Querschnitts zusammengedrückt. Bemerkenswert ist, daß die weitere Senkung der Firste nicht sofort einsetzte, sondern erst nach etwa fünf Wochen, nachdem die Aufwältigung der Strecke eine weitere Bewegung ermöglicht hatte. Lot 15 wurde unter dem Alten Mann des Oberflözes vermarkt, als die Druckwelle bereits vorbeigeschritten und abgeklungen war. Die Senkungszunahme im ersten Vierteljahr 1933 läßt sich mit der weitern Zusammendrückung des Bruches im Oberflöz, also mit der Rückkehr der Überlagerungsdrücke etwa ein Jahr nach dem Abbau erklären. Vergleicht man die Bewegungsmessungen im Flöz XV (Abb. 22–24) und Flöz X (Abb. 9–11) miteinander, so weist das Flöz XV erheblich größere

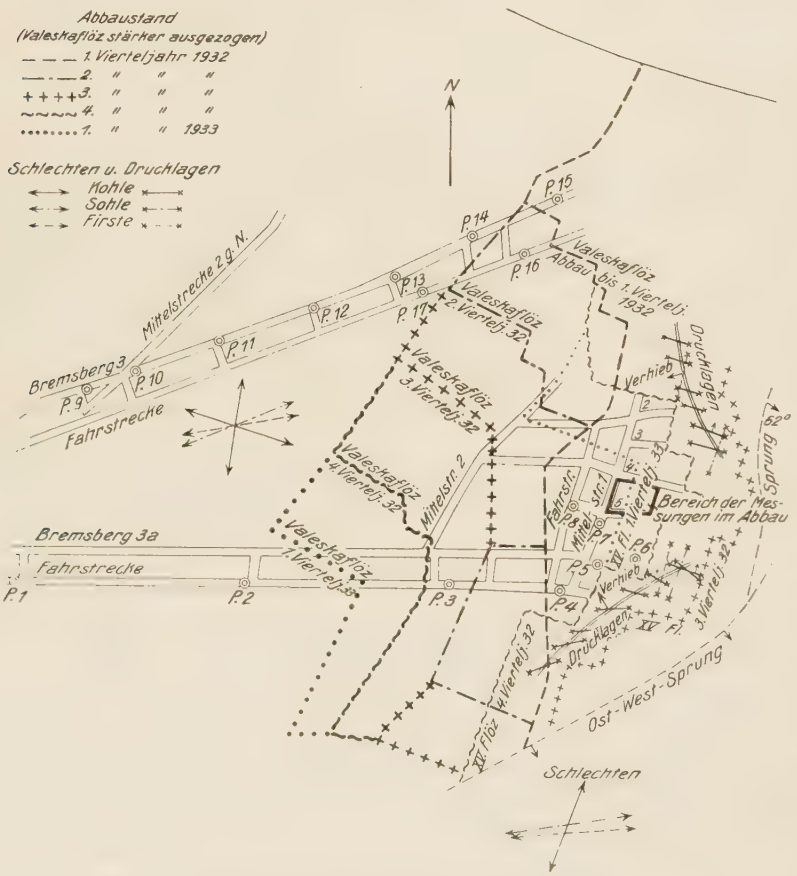


Abb. 22. Rißauszug vom Flöz XV Ostfeld mit Lotpunkten, Schlechten und Drucklagen, M. 1 : 4000.

Bewegungen auf. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich darin, daß im Flöz XV die Kämpferkräfte zweier Flöze zur Auswirkung gelangen; weiter kommt in Betracht, daß der Festigkeitsunterschied zwischen Kohle und Nebengestein (Abb. 5) im Flöz XV kleiner ist als im Flöz X. Die Lotbeobachtungen werden durch die nachstehenden Feststellungen in Abbaunähe ergänzt.

Beobachtungen im Abbau. Das Nivellement im Flöz XV (Abb. 25 und 26) zeigt eine Einwirkung

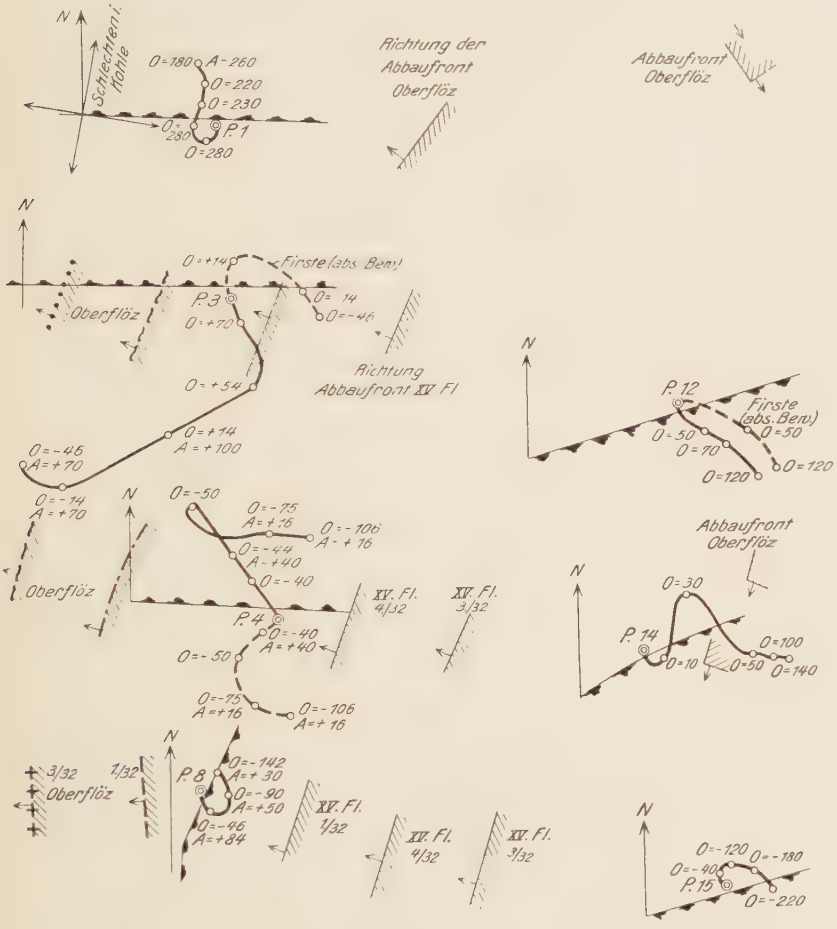


Abb. 24. Relative und absolute Gleitungen einiger Lotpunkte im Flöz XV. M. 1 : 5.

des Abbaueinflusses von Punkt 13 an. Dieser ist 20 m vom Pfeiler entfernt; der 20-m-Abstand entspricht also der Abbaudruckzone im Flöz XV. Die Hauptabsenkung im Pfeilerraum erfolgt bereits bei der Ausweitung der ersten 6 m (Punkte 26–28). Während der Beinschwächung stehen die Pfeiler ruhig. Sobald aber das Bein ausgekohlt ist, geraten die Abschnitte in starke Bewegung, so daß sie bald geraubt werden müssen. Das Bein wird weniger stark zerdrückt als die Pfeilerbeine in den Flözen X und Valeska. Die Dachschichten bilden über der Auskohlung eine trogähnliche Einsenkung. Die gemessene Einbiegung vermögen die Dachschichten (s. Abb. 5) nicht bruchfrei zu ertragen, daher muß eine Kohlenlage an der Firste angebaut werden. Das Hangendgebirge verhält sich beim Abbau anders als das Hangende einzeln gebauter Flöze, weil die Schichtenfolge über den Dachschichten unterbrochen ist. Im besondern ist das geringe Senkungsmaß der Firste in unmittelbarer Nähe des Abbaus kennzeichnend. Nach den Betriebserfahrungen gehen im Pfeiler etwa die untern 6–8 m sofort nach dem Holzrauben zu Bruche. Der weitere Verbruch erfolgt nach Auskohlung von 3–4 Pfeilerabschnitten, also einer Bloßlegung von etwa 500 m. Die Lotbeobachtungen in Strecken und im Abbau hinsichtlich der Kantenbeeinflussung sind in Abb. 27 schaubildlich ausgewertet.

Flöz Valeska, Nordfeld.

Hier erfolgt der Übereinanderbau zweier Bänke, die nur durch 0,2–2 m Zwischenmittel ge-

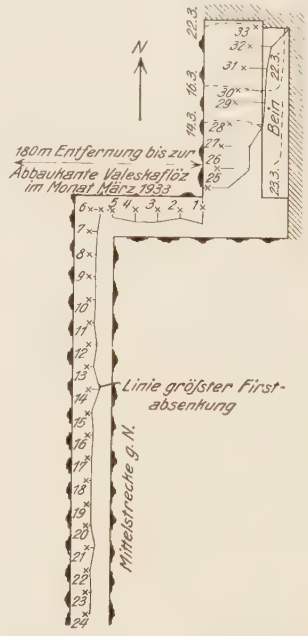


Abb. 25. Lage der Meßpunkte für das Abbaunivellement im Flöz XV Ostfeld. M. 1 : 666.

trennt sind. Die hangendere Marie-Oberbank wird im Pfeilerbruchbau vorgebaut; der Abbau der Marieflöz- und Valeskaflözbank zusammen mit $5\frac{1}{2}$–$5\frac{3}{4}$ m Mächtigkeit folgt unter dem Alten Mann dem der Oberbank. Messungen wurden in diesem Feldesteil nicht ausgeführt. Die Beobachtungsergebnisse stimmen mit denen in Flöz XV grundsätzlich überein; die Winkel der Druckwirkungen sind jedoch flacher wegen des geringern Zwischenmittels (Abb. 28). Ein mitgebauter Nachfallpacken begünstigt den Gang der Kohle; Anbau des Nachfalles erschwert ihn, weil die Querdehnung behindert wird.

Auswertung der Beobachtungs- und Untersuchungsergebnisse.

Überblick.

Bruchbau (Abb. 29–32).

In den untersuchten Feldesteilen ist der Verlauf der Hauptschlechten in allen Kohlenflözen einer Gebirgsscholle gleich. In der Firste und Sohle der Flöze dagegen streichen die Schlechten anders als in der Kohle. Die Drucklagenbildung beginnt in der jeweils weichern Schicht zuerst und richtet sich 1. nach der Größe der abgebauten Fläche eines zusammenhängenden Flözteiles (Stärke des Abbaudruckes), 2. nach der Festigkeit der Kohle und des Nebengesteins. In weichern Schichten verlaufen die

Drucklagen parallel zu vorhandenen Abbaukanten oder Stoßkanten; in festern Schichten bilden sich die ersten Drucklagen nach den vorhandenen Schlechten und Sprüngen. Neben den Sprüngen sind sprungähnliche Gleitflächen in einzelnen Flözen beobachtet worden, die sich vermutlich während des Abbaus parallel zum Kämpferdruck aus alten, größern Abbauen bilden.

In jedem entwickelten Abbaufeld bildet sich in Abbaunähe eine Abbaudruckzone aus, die in den Abbaustrecken 30–50 m von der Abbaukante rückwärts zu verfolgen ist, je nach den physikalischen Eigenschaften des Nebengesteins. Die Abbaudruckzone ist gekennzeichnet 1. durch eine sich mit der Abbaunähe verstärkende Gegeneinanderbewegung von Sohle und Firste, 2. durch entsprechende Drucklagenbildung in den Streckenstößen bis zu 3 m Tiefe und 3. durch die Ausbildung einer »Spannlagenzone« hinter den Drucklagen. Jenseits der Spannlagenzone verbleibt ein Schichtenkern, der unter allseitigem Druck steht. Die Spannlagenzone kann als die Kämpferdruckzone der Dachschichten über den Strecken angesehen werden, in denen sich die Trompetersche Zone ausbildet.

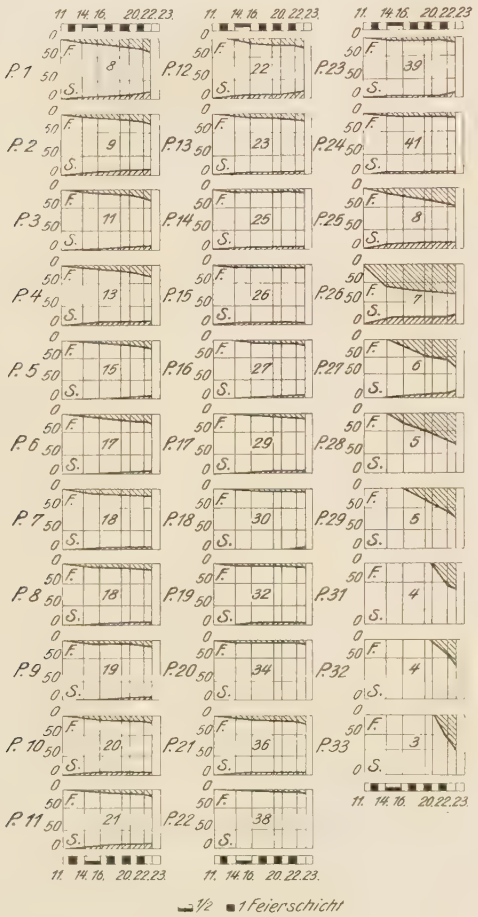


Abb. 26. Ergebnisse des Abbaunivellements im Flöz XV.

Die Hebung der Sohle und Senkung der Firste in den Abbaudruckzonen hängen von der Festigkeit und dem Elastizitätsmodul von Flöz, Sohle und Firste ab. Ist die Festigkeit gering, brechen die weichern Schichten schnell, ist der Elastizitätsmodul klein, biegen sich die betreffenden Schichten vor der Bruchverformung stark durch; sind sie groß, treten Verzögerungen in dem regelmäßigen Fortschritt der Durchbiegung ein (Abb. 20 und 21). Das in den untersuchten Feldern gefundene Festigkeitsverhältnis, das bei einem verhältnismäßig guten Stand der Grubenbaue eine leichte Gewinnung und einen regelmäßigen Ausgleich der Spannungen gewährleistet, lautet: Festigkeit für Kohle 100, Sohle 220, Firste 150. Rückverformungsmaß oder federnde Dehnung (reziproker Wert der Elastizitätsmodule) für Kohle 100, Sohle 33, Firste rd. 50. Die Zone des meßbaren Abbaudruckes beträgt unter diesen Verhältnissen 30 m, der Abstand der Kämpferdruckzone bis etwa 50 m. In den Abb. 29 und 30 sind unter Benutzung der Feststellungen in Flöz X, Ostfeld, diese Werte

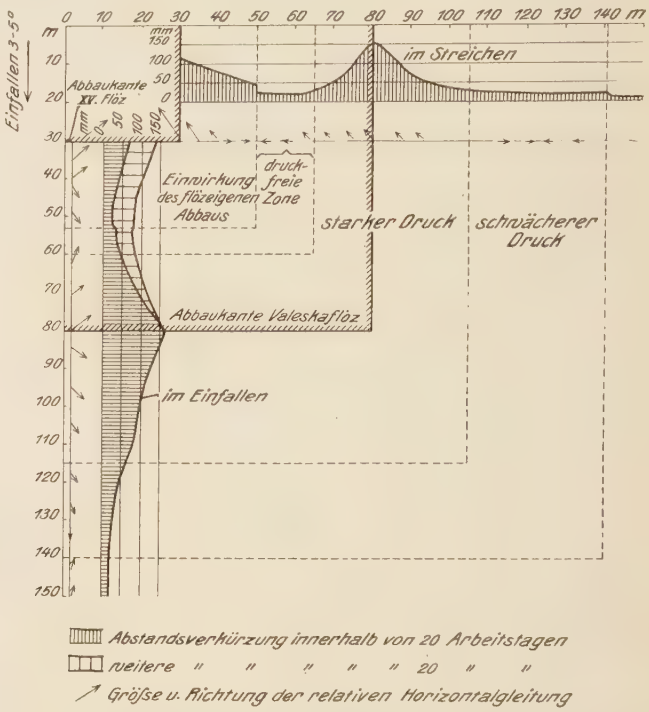


Abb. 27. Beeinflussung der Gebirgsbewegungen im Flöz XV durch den Abbau des Valeskaflözes.

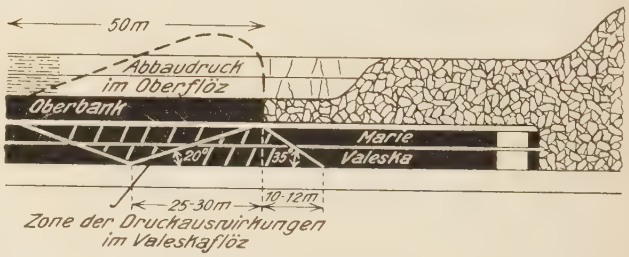


Abb. 28. Bruchbau des Marie-Valeskaflözes in zwei Bänken (Druckübertragung auf die untern Flözbänke).

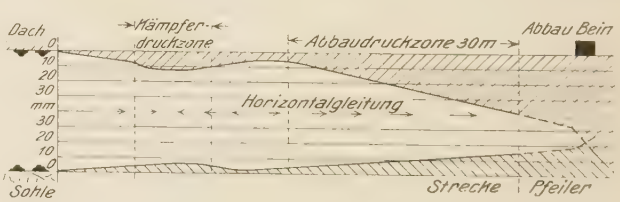


Abb. 29. Hebungen und Senkungen in einem Monat.

sowie die Größen der Hebungen und Senkungen von Sohle und Firste schaubildlich dargestellt. Ein ungünstigerer Fall ist daneben gezeichnet.

In einem Flöz ist bei fortschreitendem Abbau eine periodische Aufpressung der Sohle in etwa 60 m Abbauabstand festgestellt worden. Diese hat wahrscheinlich ihre Ursache in einem unregelmäßigen Fortschritt der Kämpferdruckzone (Abb. 19). Der

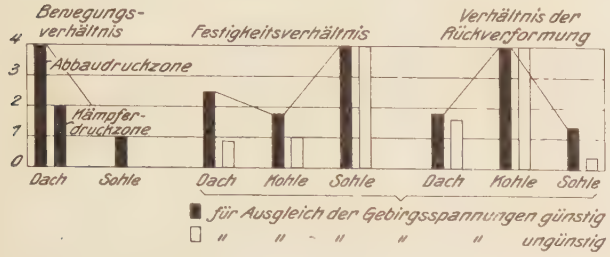


Abb. 30. Bewegungs-, Festigkeits- und Rückformungsverhältnisse.

Pressungshöchstwert der Kämpferdruckzone schließt sich nicht unmittelbar an die Abbaudruckzone an, soweit sie an der Bewegung des Nebengesteins in den Grubenbauen erkennbar ist. Der Abstand wird aus der erhöhten Tragfähigkeit mächtiger Bänke des Haupthangenden erklärt (Abb. 20).

In Pfeilerabschnitten erfolgt die größte Senkung der Firste mit Beginn der Beinauskohlung (Abb. 31 und 32). Zum Unterschied vom Strebbau mit breitem Blick, wo sich ein Nutzdruck auf die Stoßkante auswirkt, wird beim Pfeilerabbau die Wirkung eines Nutzdruckes durch eine treppenförmige Anordnung der Pfeilerabbaue und durch die Pfeilerbeine verzögert.

Gutes Einrauben der Dachschichten hat eine Entlastung der benachbarten Pfeilerabbaue zur Folge. Dies beruht 1. auf der Verminderung des Gewichts der biegenden Schichten, 2. auf der Querdehnung der Schichten an den Rändern des Abbauhohlraumes in diesen. Wenn die Dachschichten beim Bruchwerfen nicht abreißen, kann eine Querdehnung nicht stattfinden, und es entsteht ein zusätzlicher Druck in den benachbarten Pfeilerabbauen.

Übereinanderbau (Abb. 33 und 34).

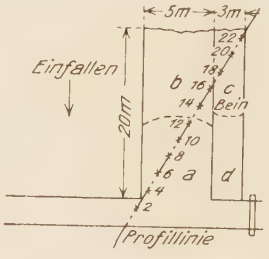
Die Drucklagen im untern Flöz, das nachfolgend gebaut worden ist, stellen sich nur nach den Kanten und Schlechten dieses Flözes ein, während sich eine Einwirkung des Kantenverlaufes im Oberflöz auf den Drucklagenverlauf im Unterflöz nicht bemerkbar macht.

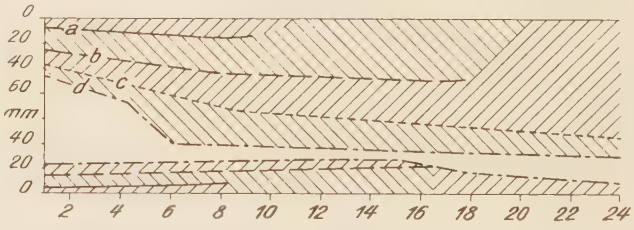
Beeinflussungen von Kanten bei 5 und 15 m Flözabstand bei Bruchbau (und 27 m Abstand bei Versatzbau) wurden untersucht. Die festgestellten Winkel, unter denen sich die Kantenpressung des Oberflözes in das untere überträgt, sind in den Abb. 33 und 34 wiedergegeben. Als günstigste Entfernung der Abbaukanten voneinander, wenn eine gegenseitige Beeinflussung der Druckzone vermieden werden soll, sind je nach dem Flözabstand 35–50 m ermittelt worden (Abb. 27). Der außerhalb dieser Kantenpressung liegende Teil des Unterflözes ist druckentlastet.

Der Zeitraum, bis der Alte Mann des Oberflözes so weit zusammengedrückt ist, daß er wieder anfängt, Druck zu übertragen, beträgt 3/4–1 Jahr.

Gegenüber dem Einflözbau erfolgt beim Übereinanderbau die größte Durchbiegung der Pfeilerfirste bereits bei Beginn des Auspfeilerns, wie aus Abb. 34 ersichtlich ist.

Die Entlastung des untern Flözes vom Hauptdruck des Hangenden ermöglicht seinen Abbau ohne besondere Druckerscheinungen. Je vollständiger diese Entlastung ist, desto größer ist aber auch die Belastung der Kanten. Während im Einflözbau das Haupthangende im Alten Mann auf dem Verbruch der Dachschichten ein tragfähiges Auflager findet, wird beim Übereinanderbau von 2 Flözen dieses Auflager erneut unterbrochen, so daß die Ränder — mindestens vorübergehend — erheblich stärker belastet werden. Die Gebirgsschichten über einem Einflözbau können als halbeingespannte Platten (Auflager auf der Gegenseite[1]) angesehen werden, während beim Übereinanderbau die Gebirgsschichten zeitweise nur als einseitig eingespannt, d. h. ohne Auflager, betrachtet werden müssen. Die Beobachtungen im Flöz XV haben daher auch gezeigt, daß unter den Kanten des Oberflözes die Hebungen und Senkungen





a Beginn des Auspfeilerns, b Durchschlag des Pfeilers, c Beginn, d Beendigung der Beinauskohlung.

Abb. 31 und 32. Bewegung im Pfeilerabschnitt.

wie auch die Richtungsänderungen der relativen Gleitungen viel größer sind als die relativen Gleitungen beim Einflözbau des Flözes X (Abb. 9–11), obwohl das Festigkeitsverhältnis der Schichtenglieder in beiden Flözen keine so erheblichen Unterschiede aufweist. Die bei einem fortschreitenden Übereinanderbau von Flözen gemachten Beobachtungen über Kantenpressungen lassen sich entsprechend auf stehengebliebene Restpfeiler in Oberflözen anwenden. Unter diesen ist aber infolge der Einwirkungsdauer die Trompetersche Zone am Rande des Restpfeilers bereits vollständig ausgeprägt und scharf abgegrenzt und darum der Kern des Restpfeilers unter höchster Pressung. Die Beobachtungen von Gebirgsschlägen im oberschlesischen Bergbau bestätigen dies.

[1] Hütte, 24. Auflage, Bd. 1, S. 662.

Auswertung.

Bestätigung früherer Beobachtungen.

Durch die Untersuchungen konnten einige bekannte Erscheinungen, die bisher hauptsächlich nur beobachtet worden waren, zahlenmäßig belegt werden. Hierzu gehören:

1. die Abbaudruckzone, die durch eine mit der Abbaunähe stetig zunehmende Relativbewegung von Sohle und Firste gekennzeichnet ist.

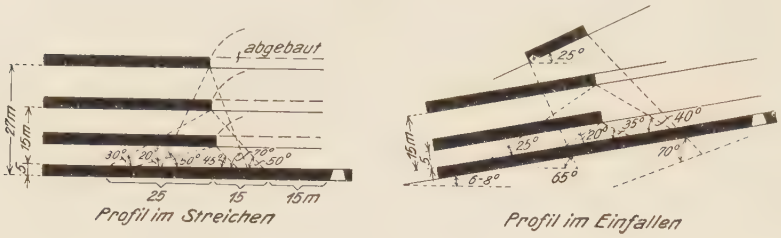
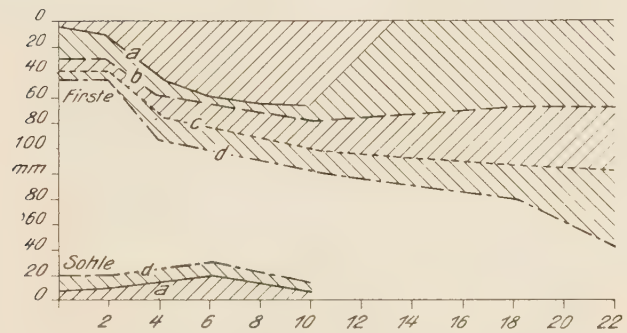


Abb. 33. Profile.



a Beginn des Auspfeilerns, b Durchschlag, c und d Beingewinnung.

Abb. 34. Hebungen und Senkungen in der Profillinie.

Abb. 33 und 34. Übereinanderbau von Flözen im Bruchbau.

2. Der Vorausbau eines Schutzflözes im Hangenden eines Flözes entlastet das liegende Flöz vom Druck des Haupthangenden, erzeugt aber entsprechend dem Grade der Entlastung zusätzliche Drücke unter den Kanten des Oberflözes und eine starke Zusammendrückung der in dieser Zone aufgefahrenen Grubenbaue.

3. Festere Schichten im Hangenden senken sich nach den Lotbeobachtungen über dem Abbauraum und in der Abbaudruckzone langsamer ab als weniger feste; im Gebirgskörper entstehen also Senkungsverzögerungen.

Theoretische Erkenntnisse (Abb. 35 und 36).

1. Die Auswirkungen des Druckes in Grubenräumen hängen von den Widerstandsverhältnissen der umgebenden Schichtenglieder ab, im besondern von ihrer Druckfestigkeit und Elastizität. Die Druckfestigkeit der Schichten gibt an, welche Schicht unter Druck zuerst in Bruchverformung übergehen wird; der Elastizitätsmodul ist die Kennziffer für den Grad der Zusammendrückung einer Schicht vor Übergang in Bruchverformung und für das Maß der Rückverformung in Grubenräume durch Aufwölbung, Durchbiegung usw. Für die Druckfestigkeit eines Körpers ist in erster Linie seine Einspannung maßgebend. Unter mehrachsiger Einspannung nimmt die Festigkeit um ein Vielfaches zu; sie ist am größten bei allseitigem Druck. Unter allseitiger Einspannung erfährt die Kohle nach Untersuchungen von v. Karmán und Müller selbst bei 4000 at Druck keine Bruchverformung, sondern eine Zusammenpressung um 2%. Der allseitige oder mehrachsige Spannungszustand im Gebirgsinnern erhöht daher den Widerstand der Schichten gegen Bruchverformung außerordentlich. Untersuchungen, welche die Frage des elastischen Verhaltens der Schichten bei mehrachsiger Einspannung eindeutig klären, liegen noch nicht vor. Nach Spackeler können in manchen Schichten in diesem Bereich gelegentlich Überschreitungen der Elastizitätsgrenze vorkommen; im überwiegenden Maße ist jedoch mit Elastizität zu rechnen.

2. Aus den Beobachtungen über die mit Abbaunähe zunehmende Absenkung der Schichten sowie im Alten Mann (Abb. 14 und 15) läßt sich auf Biegung der Schichten über dem Alten Mann und über der Abbaudruckzone schließen. An der Biegung beteiligt sind die hangenden Schichten in einer von ihrer Elastizität und Tragfähigkeit abhängigen Mächtigkeit (Abb. 20 und 21). Die Schichten sind, wie bereits erwähnt, als halbeingespannte Platten zu betrachten, deren Einspannlager im Kohlenstoß und deren Auflager im Alten Mann auf dem Versatz oder dem zusammengedrückten Verbruch aufliegt.

Weitere Untersuchungsergebnisse.

1. In erster Linie sind für die Bewegungsvorgänge in Grubenräumen die Eigengesetzlichkeiten der Schichtenfolge maßgebend, die auf der Festigkeit und Elastizität der einzelnen Schichtenbänke beruhen (vgl. Schichtenkennzeichnung auf S. 9). Diese Größen ändern sich in den einzelnen Flözen und Feldesteilen einer Grube.

2. In einem entwickelten Abbaufeld sind (Abb. 35 und 36) folgende Zonen vorhanden, in denen verschiedene Spannung herrscht:

a) die Kämpferdruckzone des gesamten Abbaufeldes. In dieser wirken die Biegungspressung der einsinkenden Hangendschichten im Einspannlager (Biegungsdrehpunkt) und der Widerlagerdruck der durchbiegenden Schichten des Haupthangenden, dessen Durchhang gegebenenfalls bis zu Tage geht;

b) die Spannlagenzone in den Stößen der Grubenbaue, d. h. die Kämpferdruckzonen der kleinen Druckgewölbe (Trompetersche Zone) über den Strecken und einzelnen Abbauabschnitten der treppenförmigen Abbaufront. Ihre Ausbildung ist auch von der Standdauer der Baue abhängig;

c) der Bereich des Abbaudruckes, der aus der Durchbiegung, Querdehnung und Materialwanderung der Dachschichten, der Sohle und der Kohle in die Grubenräume hervorgeht. Je nach ihrer Elastizität speichern die Schichten unterhalb der Bruchbelastung ein Rückverformungsvermögen auf, das die Querdehnung der Schichten in Hohlräume bewirkt. Allseitige Einspannung und federnde Zusammenpressung herrschen in der Kämpferdruckzone; Zusammenpressung unter teils allseitiger, mindestens aber mehrachsiger Einspannung macht sich in den

Kohlenpfeilern zwischen den Spannlagenzonen geltend, soweit sie im Bereich des Abbaudruckes liegen (Abb. 35 und 36). Unvollständige und einachsige Einspannung treten in der Trompeterschen Zone der Grubenräume auf.

3. Die Größe der Abbaudruckzonen und der Abstand der Kämpferdruckzonen von der Abbaukante werden bestimmt a) von dem Abbauverfahren (Bruchbau oder Versatzbau), b) von der Festigkeit und der

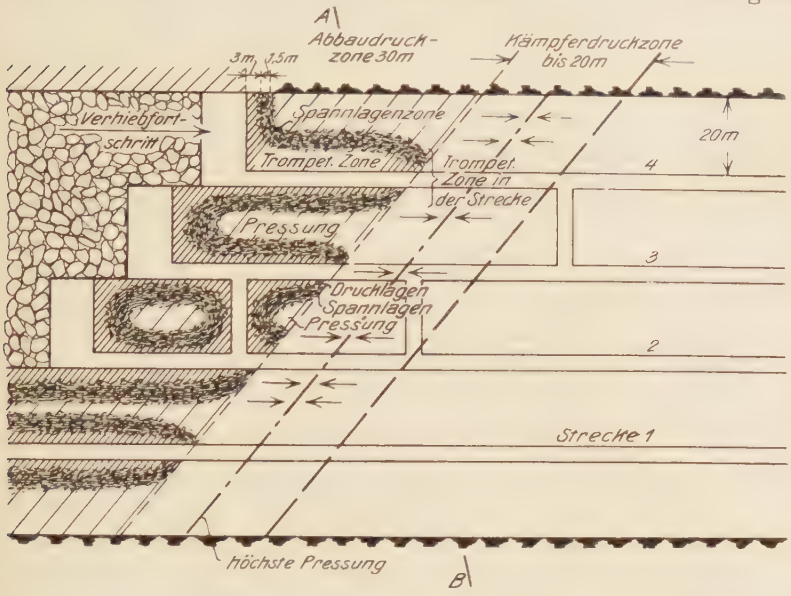


Abb. 35. Verteilung der Druckzonen.

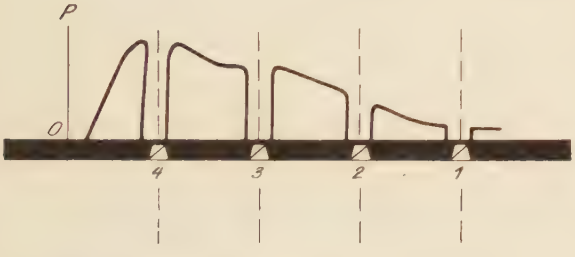


Abb. 36. Druckverlauf nach der Linie A—B.

Abb. 35 und 36. Druckzonen an der Abbaukante beim Pfeilerbruchbau.

Rückverformbarkeit der Schichten. Der Abstand der Kämpferdruckzonen von der Abbaukante läßt sich durch Messung der federnden Zusammendrückung des Flözes ermitteln.

4. Durch Ermittlung der Festigkeit und des Elastizitätsmoduls der Schichten in den einzelnen Abbaufeldern lassen sich planmäßig mit praktisch hinreichender Genauigkeit vorausbestimmen: a) der Druck und die Relativbewegung in den Grubenbauen und b) die Größe der federnden Zusammenpressung des Flözes und des Nebengesteins.

Verhältnis der Ergebnisse zu frühern Feststellungen.

Im Grundsätzlichen stimmen meine Folgerungen über die Gebirgsbewegungen mit den in dem eingangs aufgeführten Schrifttum niedergelegten Anschauungen überein. In Einzelheiten bestehen Unterschiede, da sich meine Untersuchungen nur auf den Pfeilerbau erstreckt haben.

Von Haack und Gillitzer ist eine getrennte Bewegung des Haupthangenden und der Dachschichten beobachtet worden. Für die Dachschichten gibt Haack nur eine geringe Mächtigkeit an, die zur Erzeugung des Ganges der Kohle nicht ausreicht. Das Haupthangende senkt sich mit entsprechender Verzögerung und ruft den Kämpferdruck hervor, durch den die Drucklagen gebildet werden. Dies gilt in vollem Umfange für Abbau mit breitem Blick und Versatz. Beim Pfeilerbruchbau in Oberschlesien hat man zwar ebenfalls getrennte Bewegungen nachgewiesen, die absinkenden Dachschichten sind aber viel mächtiger und reichen zur Erzeugung des Abbaudruckes aus. Das Widerlager des Druckgewölbes (Kämpfer) und das Auflager im Alten Mann liegen je nach der Schichtenelastizität bei Bruchbau viel weiter auseinander. Der Abbaudruck bleibt daher nicht auf eine Stoßkante beschränkt, sondern wirkt auf größerer Fläche.

Langecker erklärt das Nachgeben der Stöße in den Grubenräumen aus der Querausweichung infolge Pressung an den Kanten. Die von mir beobachtete Abschwächung des Druckes in Abbauräumen und die Querdehnung der federnd zusammengedrückten Schichten in die Grubenbaue stimmen hiermit überein.

Nach Spackeler beginnt die Entstehung der Drucklagen im Grenzbereich zwischen entspanntem und gepreßtem Gebirge. Dazu sei bemerkt, daß eine Trompetersche Zone sowohl an der Kante des Abbaus als auch um jeden (Strecken-) Hohlraum entsteht. Die letztgenannten sind entsprechend der Standdauer der Strecken gewissermaßen reifer und werden im Bereich des Abbaudruckes von der Trompeterschen Zone des Abbaus überdeckt. Zu einer vollständigen Entwicklung der Trompeterschen Zone im fortschreitenden Abbau bis zur völligen Entspannung des Gebirges fehlt die entsprechende Zeit; nur an ruhenden Abbaukanten und in längere Zeit stehenden Grubenräumen ist das Gebirge innerhalb der Trompeterschen Zone völlig entspannt. Dies ist eine Bestätigung der Ausführungen von Spackeler.

Hoffmann geht in seiner die Vorgänge beim Strebbau behandelnden Arbeit vom Belastungsdruck aus. Die auf das frische Feld und den Verfestigungspunkt des Versatzes wirkende Belastungsdruckkomponente erzeugt die Pressung; dazwischen liegt das Gebiet der Schichtengleitung. Schichtendurchbiegungen sind nach Hoffmann[1] nicht die Ursache des Arbeitsvermögens der Schichten. Meine Untersuchungen haben andere Ergebnisse gezeitigt. Das Arbeitsvermögen wird von mir auf die Durchbiegung und Zusammendrückung der einsinkenden Schichten und die Kämpferkräfte höherer Schichten zurückgeführt. Die Schichtengleitung beschränkt sich auf die Trompeterschen Zonen der Grubenbaue und Abbauräume, der Gebirgskörper gleicht seine Spannungen bei Bruchbau nicht aus. Die Größe und Richtung der Gleitung von Lotpunkten ist vom Einspannungszustand der Schichten und der Richtung des geringsten Widerstandes abhängig. Da aber z. B. Schichten mit geringer Festigkeit und hohem Elastizitätsmodul leicht in Bruchverformung übergehen,

[1] a. a. O. S. 84.

sind die Bewegungskurven sehr vorsichtig auszuwerten.

Anwendungen auf die Abbautechnik und Betriebsführung.

1. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß die Eigengesetzlichkeiten der Schichtenfolge wechseln. Daraus ergibt sich, daß die Betriebsgestaltung den jeweiligen Verhältnissen Rechnung tragen muß. Die Kenntnis der Gesteinarten allein genügt nicht zur Beurteilung des Schichtenverhaltens, sondern kann im Gegenteil zu Fehlschlüssen führen. Es ist festgestellt worden (vgl. in der Zahlentafel 1 Hangendes Gerhardflöz), daß z. B. die Gesteinart Sandstein im Hangenden desselben Flözes in einem Feldesteil mit hohem Elastizitätsmodul auftritt, also große Tragfähigkeit hat, während im andern Feldesteil der Elastizitätsmodul nur ein Drittel davon beträgt und sich die Sandsteinbank dementsprechend wie Schiefer verhält.

Die erste Regel für die Abbautechnik ist daher, daß man bei der Betriebsplanung in jedem Einzelfall aus den Festigkeits- und Elastizitätszahlen eine Kennzeichnung des Schichtenverhaltens (Abb. 5) aufstellen muß.

An weitern allgemein gültigen Regeln ist anzuführen:

2. Die Zusammenfassung der Abbaubetriebe richtet sich nach dem Fortschritt der Abbaudruckzone. Bei den in den Abb. 29–32 dargestellten Verhältnissen ist nach den Betriebserfahrungen bei treppenförmiger Anordnung von 6 Pfeilerabbauen an der Abbaufront eines Flözes von 200 m diagonaler Länge (Abstand der Pfeilerabschnitte 16 m bzw. 32 m diagonal) noch ein gleichmäßiger Fortschritt der Druckzonen und eine restlose Beingewinnung gewährleistet. Legt man bei gleichen Elastizitätsverhältnissen mehr Pfeilerabbaue an eine solche Front, so werden die Pfeilerbeine infolge des zu großen Abbaudruckes zum Teil geopfert werden müssen und Brände in dazu neigenden Flözen unausbleiblich sein.

3. Bei weniger festem Nebengestein ist zur Vermeidung von starkem Druck in den Abbauen ein beschleunigter Verhieb und einflügliger Abbau in gerader Front erforderlich. Bauen an dieser Front einige Pfeilerabschnitte voraus, so entsteht in den Nachbarabschnitten sofort ein zusätzlicher Druck.

4. Bei festerm Nebengestein haben die Schlechten als natürliche Schwächeflächen große Bedeutung für den Spannungsausgleich durch Drucklagenbildung. Diese wird unterstützt, wenn die Längsachse des Abbaus parallel zu den Hauptschlechten der Kohle läuft, sofern diese, wie es die Regel ist, eine geringere Festigkeit hat als das Nebengestein. Bei weniger festem Nebengestein ist der Verlauf der Schlechten für die Drucklagenbildung unwesentlich.

5. In der Kämpferdruckzone eines Abbaufeldes dürfen keine Grubenbaue aufgefahren werden, wenn die Festigkeit und die Elastizität des Nebengesteins einen regelmäßigen Ausgleich der Spannungen nicht erwarten lassen (z. B. Sohle oder Firste aus festem Sandstein). Da bei dem durch den Bruchbau bedingten Rückbau die Grubenbaue in bestimmtem Abstand von der Abbaukante stets in der Kämpferdruckzone liegen, sind sie in solchen Fällen durch besondern Ausbau zu sichern (Holzpfeiler, eiserner Ausbau, Ummantelung mit Versatz).

6. Das sorgfältige und vollständige Rauben der Zimmerung ist Vorbedingung für ein richtiges Bruchwerfen im Alten Mann. Ein guter und regelmäßiger Verbruch im Alten Mann ist — ähnlich wie der Versatz — zum Abfangen des Haupthangenden und zur Entlastung der Abbaue erforderlich. Schlecht verbrechende Dachschichten sind durch »Anschießen« zu lockern, wobei man die Schüsse entsprechend dem Schlechtenverlauf ansetzen muß.

7. Der Vorausbau eines Schutzflözes führt durch die Unterbrechung der Schichtenfolge eine Entlastung des Unterflözes herbei, so daß es dadurch möglich ist, auch mächtige Flöze mit schlechtem Hangenden im Bruchbau ohne große Abbauverluste abzubauen.

8. Je vollständiger die Entlastung des Unterflözes ist, desto größer und gefährlicher ist aber die Belastung der Kanten, die sich nach den Beobachtungen bei 27 m Flözabstand noch fast ungeschwächt in das untere Flöz überträgt.

9. Das Unterbauen von Restpfeilern eines Oberflözes in einem Flöz, in dem die Festigkeits- und Elastizitätsverhältnisse einen regelmäßigen Ausgleich der Spannungen bei geeigneten Betriebsmaßnahmen gewährleisten (in meinem Untersuchungsbereich die Flöze X und XV), bietet keine unüberwindlichen Schwierigkeiten. In gebirgsschlaggefährdeten Flözen (Gerhardflöz und Sattelflöz) ist dagegen das Unterbauen von Restpfeilern nach meinen Beobachtungen nur mit Stoßbau oder Strebbau und Vollversatz möglich.

10. Mächtige, feste Sandsteinbänke mit hohem Elastizitätsmodul im Hangenden haben eine große Tragfähigkeit und sind gefährlich durch die Verzögerung des Fortschrittes der Druckzonen. Unter solchen Bänken sollte daher der Verhieb beim Rückbau entsprechend langsam voranschreiten, damit der Sandstein Zeit hat, sich abzusenken. Weichere Schichten im Hangenden (Schiefer, Kohle) sind nachteilig wegen der bald auftretenden starken Druckwirkungen im Abbauraum und in den Grubenbauen. Unter solchen Schichten sollte daher der Verhieb auf das dem Elastizitätsverhältnis entsprechende Höchstmaß an täglichem Fortschritt gesteigert und damit die Einwirkungszeit verkürzt werden.

Festigkeit und Elastizitätsmodul kennzeichnen zwar noch nicht allein die statischen Eigenschaften der Gebirgsschichten, sind aber zwei bestimmende Faktoren der Bewegungsvorgänge, wie sie die bergbaulichen Störungen des Gleichgewichtes im Gebirge hervorrufen. Es erscheint daher als notwendig, daß die örtlichen Verhältnisse der Gruben, die Rückbau anwenden und mit Schwierigkeiten zu kämpfen haben, in dieser Richtung eingehender als bisher untersucht werden.

Zusammenfassung.

Den erörterten Beobachtungen und Untersuchungen über Gebirgsbewegungen liegen die Betriebsverhältnisse des oberschlesischen Pfeilerbruchbaus zugrunde. Das physikalische Verhalten der beteiligten Schichtenglieder ist durch eine ins

einzelne gehende Prüfung ihrer Festigkeit und Elastizität bestimmt worden. Die Zusammenhänge dieser Eigenschaften mit den in Grubenbauen beobachteten Veränderungen werden erklärt, und als deren sekundäre Ursache wird die Querdehnung der Schichten ermittelt.

In der Kämpferdruckzone des Abbaufeldes erreicht die federnde Zusammendrückung der anstehenden Kohle das größte Ausmaß. Ein besonderes Verfahren gestattet die Messung dieser federnden Zusammendrückung und damit die Bestimmung der Kämpferdruckzone.

Hinsichtlich der Bewegungsvorgänge im Gebirgskörper werden Folgerungen gezogen und für deren Anwendung auf die Abbauführung Vorschläge gemacht.

Druck von C.W. Haarfeld, G.m.b.H., Essen

Lebenslauf.

Otto Fritz Fleischer.

Personalien: Geboren am 30. Januar 1901 in Breslau, Vater praktischer Arzt, Religion evangelisch. Seit 1927 verheiratet, zwei Kinder.

Bildungsgang: Volksschule in Trebnitz (Schles.), Kaiser-Wilhelm-Schule in Trebnitz, Abiturientenexamen als Externer, Studium an der Technischen Hochschule Berlin von 1922 bis 1926. Diplomexamen in der Fachrichtung Bergbau im Februar 1926.

Berufsverhältnisse: Von Oktober 1918 bis März 1922 praktische Ausbildung auf oberschlesischen Bergwerken (viermonatige Unterbrechung beim Oberschlesischen Selbstschutz). Von April 1926 an bei der Bergwerksgesellschaft Georg von Giesches Erben, Heinitzgrube, Betriebsassistent, stellvertretender Betriebsführer, Betriebsführer.